COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JANVIER 1876.

PRÉSIDENCE DE M. LE VICE-AMIRAL PÂRIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL annonce à l'Académie que le tome XL des *Mémoires de l'Académie des Sciences* et le tome XXII des *Mémoires des Savants étrangers* sont en distribution au Secrétariat.

THERMOCHIMIE. — *Recherches thermiques sur la formation des alcools et sur l'éthérification*; par M. BERTHELOT.

I. — *Alcool ordinaire.*

« **1.** La chaleur dégagée par l'union de l'éthylène et de l'eau, donnant naissance à l'alcool, se déduit de la formation de l'acide iséthionique au moyen de l'éthylène (ce Recueil, p. 190) et de l'alcool (p. 249); j'ai trouvé :

$C^4H^4 + 2SO^4H$ étendu $= C^4H^6O^2.S^2O^6$ étendu $+ H^2O^2$ liquide dégage..... $+16,0$

$C^4H^6O^2$ pur $+ 2SO^4H$ étendu $= C^4H^6O^2.S^2O^6$ étendu $+ H^2O^2$ liquide..... $-0,9$

ce qui fait pour la formation de l'alcool

C^4H^4 gaz $+ H^2O^2$ liquide $= C^4H^6O^2$ liquide.............	$+16,9$
C^4H^4 gaz $+ H^2O^2$ liquide $= C^4H^6O^2$ gaz.................	$+7,1$
C^4H^4 gaz $+ H^2O^2$ gaz $= C^4H^6O^2$ liquide................	$+26,5$
C^4H^4 gaz $+ H^2O^2$ gaz $= C^4H^6O^2$ gaz (vers 100°)..........	$+16,7$; à 200° $+16,9$
C^4H^4 liquide $+ H^2O^2$ liquide $= C^4H^6O^2$ liquide..........	-10 à -11 environ (1).

(1) D'après la chaleur latente de $C^{10}H^{10}$.

» 2. Ainsi, la formation de l'alcool au moyen de l'éthylène et de l'eau dégage de la chaleur; le chiffre surpasse même de 4 à 6 Calories la synthèse directe des éthers amyléniques d'hydracides (ce Recueil, p. 124).

» 3. J'étais déjà arrivé à reconnaître comme probable ce dégagement de chaleur dans la formation de l'alcool, par la comparaison des chaleurs de combustion de l'éthylène et de l'alcool (*Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. VI, p. 391); la valeur calculée était + 13,0 au lieu de + 16,9; mais elle doit inspirer moins de confiance, parce que c'est la différence entre deux nombres vingt fois aussi grands, et qui diffèrent suivant les observateurs (1).

» 4. Examinons maintenant la synthèse expérimentale de l'alcool. D'abord :

C^4H^4 gaz + $S^2O^8H^2$ pur + eau = $C^4H^4(S^2O^8H^2)$ étendu .... + 31,6
C^4H^4 gaz + $S^2O^8H^2$ étendu = $C^4H^4(S^2O^8H^2)$ acide éthylsulfurique étendu. .. + 14,7

» Le nombre qui répondrait à la formation de l'acide éthylsulfurique concentré est compris entre ceux-là, la chaleur de dissolution d'un tel acide devant être moindre que celle de l'acide sulfurique pur.

» La seconde phase de la synthèse de l'alcool dégage

$C^4H^4(S^2O^8H^2)$ étendu + H^2O^2 = $C^4H^6O^2$ étendu + $2SO^4H$ étendu.... + 4,7

» On voit donc que la synthèse de l'alcool étendu, à partir de l'éthylène et de l'eau, s'effectue, en définitive, par une suite de réactions exothermiques; elle dégage 14,7 + 4,7 = + 19^{Cal},4; chiffre dont il convient de retrancher + 2,5, pour revenir à l'alcool pur, ce qui donne : + 16,9.

» 5. Examinons les réactions inverses. La formation de l'acide éthylsulfurique étendu, au moyen de l'alcool,

$C^4H^6O^2$ pur + $S^2O^8H^2$ pur + Eau = $C^4H^4(S^2O^8H^2)$ étendu dégage..... + 14,7

» Celle de l'acide éthylsulfurique concentré doit dégager en moins la chaleur de dilution de cet acide, valeur inconnue, mais que l'on ne saurait estimer supérieure à 7 ou 8, d'après les analogies. En fait, la réaction des composants, dans la proportion équivalente, $S^2O^8H^2 + C^4H^6O^2$, a dégagé + 7^{Cal},7; ce nombre correspondant seulement aux $\frac{52}{100}$ de 1 équivalent

(1) Voici les résultats eux-mêmes, réduits en équivalents :

Dulong......................	336,8-317,8 = 19,0
Favre et Silbermann..........	332,0-330,5 = 1,5
Andrews....................	334,5-315 = 19,5
Moyenne...	13,0

d'alcool ($C^4H^6O^2 = 46^{gr}$) combinés dans les conditions de mon expérience : la moitié environ de l'alcool et la moitié de l'acide sulfurique étant demeurés mélangés avec l'eau et l'acide éthylsulfurique formés. La formation de l'acide éthylsulfurique concentré au moyen de l'alcool doit donc être regardée comme exothermique.

» 6. Mais cette réaction ne s'accomplit pas en totalité, parce que l'eau formée décompose en sens inverse l'acide éthylsulfurique, avec régénération d'alcool et d'acide sulfurique. Entre ces deux réactions inverses, il doit donc s'établir un certain équilibre, conformément à mes recherches sur les lois générales des réactions éthérées. Or, il est digne de remarque que l'existence de ces deux réactions opposées et l'équilibre qui les caractérise correspondent au renversement du signe thermique du phénomène avec la dilution, attendu que la formation du même acide dilué par l'alcool dissous et l'acide sulfurique étendu absorbe de la chaleur, soit — 4,7 d'après mes expériences (voir ce Recueil, p. 245). Les mêmes faits se retrouvent dans l'éthérification des autres acides.

» Il arrive presque toujours dans les réactions chimiques que le renversement du signe thermique, sous l'influence de la dilution, coïncide avec ces phénomènes d'équilibre, sur lesquels j'ai déjà bien souvent, depuis vingt-deux ans, appelé l'attention des chimistes et des physiciens. Si l'on pouvait connaître exactement les hydrates et alcoolates divers que forment les acides sulfurique et éthylsulfurique, ainsi que la chaleur de formation de chacun de ces corps et leur degré propre de dissociation, dans les conditions des expériences, il est probable que l'on établirait *a priori* (1) le tableau complet et méthodique des équilibres éthérés, en se fondant uniquement sur le troisième principe général de la Thermochimie (principe du travail maximum).

» 7. La métamorphose de l'acide éthylsulfurique concentré en éthylène et acide sulfurique, $C^4H^4(S^2O^8H^2) = C^4H^4 + S^2O^8H^2$, est au contraire un phénomène endothermique, comme la plupart des décompositions pyrogénées. Elle absorbe une quantité de chaleur inconnue, mais comprise nécessairement entre — 14,7 et — 31,6 (voir plus haut), c'est-à-dire une énergie étrangère, empruntée à l'acte de l'échauffement. J'ajouterai que la réaction inverse est accompagnée, comme la plupart des actions pyrogénées, par ces phénomènes de dissociation, dont nous devons la découverte capitale à M. H. Sainte-Claire Deville. En d'autres termes, il existe un intervalle de température pendant lequel l'éthylène s'unit avec l'acide sulfu-

(1) Voir *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. IV, p. 68.

rique concentré, tandis que l'acide éthylsulfurique (même mêlé avec un excès de ce dernier) se dissocie en partie en éthylène et acide sulfurique.

» 8. Précisons davantage, en nous plaçant dans les conditions ordinaires de la préparation de l'éthylène. Ici l'on a affaire à un mélange d'alcool et d'acide sulfurique, c'est-à-dire que l'eau intervient : d'une part pour déterminer les équilibres qui répondent à l'opposition entre l'acide éthylsulfurique et l'acide sulfurique mêlé d'alcool; et d'autre part pour déterminer une autre série d'équilibres, où l'éther ordinaire entre en jeu.

II. — *Éther ordinaire :* $C^4H^4(C^4H^6O^2)$.

» 1. J'ai mesuré d'abord la chaleur dégagée dans la transformation de l'éther en acide iséthionique : d'où il est facile de passer à l'éthylène et à l'alcool. La marche de l'opération est la même qui a été décrite à plusieurs reprises, pour la benzine et l'alcool notamment. La réaction immédiate de l'éther sur un excès d'acide sulfurique fumant a dégagé en moyenne $+30,0$ pour $C^8H^{10}O^2 + 74$ grammes; mais cette quantité varie un peu suivant les proportions. Après dilution, et tous calculs faits :

$C^4H^4(C^4H^6O^2) + 2S^2O^8H^2$ étendu $= 2(C^4H^6O^2S^2O^6)$ ac. iséthionique étendu : $-1,05 \times 2$,

valeur qui diffère à peine du double du chiffre $-0,9$, pour l'alcool $C^4H^6O^2$,

$$\left\{\begin{array}{l} C^4H^4(C^4H^6O^2)\text{ liq.} + 2S^2O^8H^2\text{ pur} = 2(C^4H^6O^2.S^2O^6)\text{ étendu} + H^2O^2\text{ liq.}: +15,8\times 2 \\ C^4H^4(C^4H^6O^2)\text{ gaz}(1) + 2S^2O^8H^2\text{ pur} = 2(C^4H^6O^2.S^2O^6)\text{ étendu} + H^2O^2\text{ liq.}: +19,2\times 2 \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{l} C^4H^4(C^4H^6O^2)\text{ liq.} + 2S^2O^6\text{ sol.} + \text{Eau} = 2(C^4H^6O^2.S^2H^6)\text{ étendu} + H^2O^2\text{ liq.}: +36,2\times 2 \\ C^4H^4(C^4H^6O^2)\text{ gaz} + 2S^2O^6\text{ sol.} + \text{Eau} = 2(C^4H^6O^2.S^2O^6)\text{ étendu} + H^2O^2\text{ liq.}: +39,6\times 2 \end{array}\right.$$

» L'avant-dernière valeur s'écarte peu des chiffres analogues trouvés pour 1 molécule de benzine (+ 34,7) et d'alcool (+ 36,4).

» 2. On passe de ces chiffres à la formation de l'acide éthylsulfurique, en retranchant aux trois premiers : $-1^{Cal},3 \times 2$; ce qui donne pour l'éther pur et l'acide sulfurique étendu : $-2,35 \times 2$; l'éther pur et l'acide sulfurique concentré, puis l'eau, formant l'acide éthylsulfurique étendu dégageraient $+14,5$. On sait d'ailleurs que l'éther pur se dissout dans l'acide sulfurique concentré, non sans dégager de la chaleur : puis la dissolution se transforme lentement en acide éthylsulfurique.

» 3. Enfin la transformation de l'éther dissous dans l'eau et de l'acide sulfurique étendu, en acide éthylsulfurique étendu, absorberait : $-5,3 \times 2$;

(1) La vaporisation de $C^4H^4(C^4H^6O^2)$ absorbe $-6,73$, d'après Regnault.

chiffre très-voisin du double de — 4,7 qui répond à l'alcool dissous. J'obtiens cette valeur pour l'éther, d'après sa chaleur de dissolution, qui est plus grande que pour la molécule d'aucun liquide neutre connu :

$C^4H^4(C^4H^6O^2)$ pur + 200 parties d'eau, à 13° dégage : + 5,94; à 6° : + 5,83;

valeur comparable à la chaleur de dissolution des *gaz* carbonique (+ 5,6 pour C^2O^4), sulfureux (+ 7,7 pour S^2O^4), sulfhydrique (+ 4,7 pour H^2S^2), etc. La dissolution du gaz éthéré : + 12,6; celle du gaz alcool + 12,4.

» 4. *Formation de l'éther par l'alcool.* — Je trouve, par le calcul :

$2C^4H^6O^2$ pur liquide	$= C^4H^4(C^4H^6O^2)$ liquide + H^2O^2 liquide......	— 0,3
$2C^4H^6O^6$ dissous	$= C^4H^4(C^4H^6O^2)$ dissous + H^2O^2 dissous......	+ 0,5
$2C^4H^6O^2$ gaz	$= C^4H^4(C^4H^6O^2)$ gaz + H^2O^2 gaz.........	+ 3,0

» Ainsi la métamorphose de l'alcool en éther donne lieu à un phénomène thermique négatif ou nul, à la température ordinaire. A l'état gazeux, il y aurait, au contraire, un léger dégagement de chaleur, mais susceptible d'être renversé par le moindre changement dans les conditions : on s'explique par là la possibilité des équilibres divers qui président à la formation de l'éther, par la réaction entre l'alcool et l'acide sulfurique bihydraté, $S^2O^8H^2 + H^2O^2$, dans les conditions industrielles de cette préparation. J'ai donné ailleurs la théorie développée de ces équilibres, dans lesquelles interviennent cinq composants (alcool, éther, eau, acides sulfurique et éthylsulfurique), et quatre réactions qui se limitent (*Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XVIII, p. 135). Cette théorie complète celle de l'éthérification.

» 5. *Formation de l'éther par l'éthylène.*

$2C^4H^4 + H^2O^2$ liquide	$= C^4H^4(C^4H^6O^2)$ liquide........	+ 33,0
$2C^4H^4 + H^2O^2$ gaz	$= C^4H^4(C^4H^6O^2)$ gaz...........	+ 36,5
$C^4H^4 + C^4H^6O^2$ liquide	$= C^4H^4(C^4H^6O^2)$ liquide........	+ 16,1
$C^4H^4 + C^4H^6O^2$ gaz	$= C^4H^4(C^4H^6O^2)$ gaz...........	+ 19,4

» 6. J'aurais désiré étendre ces expériences à d'autres éthers, spécialement à l'éther méthylique. Ce gaz est absorbé facilement par l'acide sulfurique fumant, en dégageant une quantité de chaleur voisine de + 20^{Cal} (pour 46 grammes d'éther), d'ailleurs un peu variable suivant les proportions; mais l'éther ne forme guère d'acide conjugué dans ces conditions : lorsqu'on ajoute de l'eau, le gaz se redégage avec une vive effervescence.

III. — *Alcool isopropylique.*

» 1. L'étude thermique de la formation de cet alcool est fort importante, parce qu'il est le type des alcools secondaires. Elle a présenté de grandes

difficultés, et je réclame quelque indulgence pour des résultats que j'ai tâché de rendre le moins imparfaits possible. J'ai étudié cette formation en faisant absorber le propylène pur par l'acide sulfurique monohydraté et pesé au sein d'un calorimètre. Le poids du propylène absorbé était connu par la pesée directe des tubes. La chaleur dégagée dans cette première phase, Q_1, varie un peu avec les proportions relatives : en présence d'un grand excès d'acide, j'ai trouvé en moyenne + 17,0 pour C^6H^6. J'ai alors brisé le tube dans le calorimètre, suivant ma méthode ordinaire, et mesuré la nouvelle quantité de chaleur, Q_2. Si Q représente la chaleur que dégagerait la dissolution pure et simple de l'acide sulfurique, $Q_1 + Q_2 - Q$ sera la chaleur dégagée par la transformation du poids de propylène employé, supposé avoir réagi sur l'acide sulfurique étendu. J'ai trouvé

Pour $C^6H^6 = 42^{gr}$: + 14,92 et + 14,69; moyenne... + 14,80.

» 2. Mais cette quantité de chaleur ne répond pas à une réaction simple : en effet, une portion du propylène est toujours changée, à la fin, en polymères huileux, qui nagent à la surface de l'eau. Pour la calculer, on peut admettre que le reste du propylène demeure à l'état d'acide isopropylsulfurique étendu. En effet, l'expérience prouve qu'une distillation brusque, opérée à la plus basse température possible, ne laisse dégager que des traces d'alcool isopropylique (voir aussi, page 246, sur la stabilité de l'acide éthylsulfurique). Cela étant admis, le dosage de l'acide libre, à la fin de l'expérience, comparé au poids de l'acide total employé, indique le poids de l'acide neutralisé, lequel est proportionnel à celui du propylène changé en acide isopropylsulfurique.

Propylène changé en acide éthéré, sur 100 parties..........	65 et 71
» en polymères »	35 et 29

» Comme contrôle approché, j'ai rassemblé les polymères autant que possible; leur poids répondait à peu près au tiers du propylène employé : cette vérification, quoique grossière, est cependant de nature à augmenter la sécurité dans l'emploi du calcul précédent.

» Pour compléter le calcul, il faudrait savoir la chaleur dégagée dans la polymérisation du propylène. A défaut de données directes, qu'il ne semble pas facile d'obtenir, j'adopterai la chaleur dégagée dans la polymérisation de l'amylène gazeux (p. 191), soit + 11,15 pour $C^{10}H^{10}$. D'où :

$C^6H^6 + 2SO^4H$ étendu $= C^6H^6(S^2O^8H^2)$ étendu....... + 16,7
$C^6H^6 + H^2O^2$ liquide $= C^6H^8O^2$ alcool isopropylique.. + 16,5

valeur très-voisine de + 16,9, pour l'hydratation de l'éthylène.

» 3. On voit, par là, que la fixation des éléments de l'eau sur l'éthylène et sur le propylène dégage des quantités de chaleur qui diffèrent très-peu. La diversité de constitution de ces deux alcools, l'un primaire, l'autre secondaire, ne répond donc qu'à une somme de travaux moléculaires peu considérables, comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre pour des isoméries si délicates. J'ai établi qu'il en est de même pour les acides isomères éthylsulfurique et iséthionique, pour les acides racémique et tartriques actifs, enfin pour les deux soufres octaédrique et insoluble (*Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXVI, p. 468).

» 4. La transformation même de l'alcool isopropylique en alcool normal peut être calculée par induction, à défaut de procédés de transformation directe. En effet, la chaleur de combustion de l'alcool propylique normal serait 476, d'après la différence relative aux alcools méthylique et éthylique (ou 481, d'après les courbes de F. et S.). Or C^6 diamant $+ H^6 = C^6H^6$ gaz absorbant $- 3,5$ (d'après les chaleurs de formation de C^4H^4 et de $C^{10}H^{10}$ gazeux), et C^6H^6 gaz $+ H^2O^2$ liquide $= C^6H^8O^2$ liquide, dégageant $+ 16,5$; on tire de là, pour la chaleur de combustion de l'alcool isopropylique, la valeur $+ 476$, qui ne se distingue pas de celle de l'alcool normal. La métamorphose d'un tel alcool dans son isomère ne doit donc dégager que fort peu de chaleur. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Compte rendu des expériences faites pour la détermination du travail dépensé par les machines magnéto-électriques de M. Gramme, employées pour produire de la lumière dans les ateliers de MM. Sautter et Lemonnier;* par M. TRESCA.

« Depuis longtemps nous avions le désir de déterminer directement la quantité de travail dépensée pour la production des lumières si intenses que l'on obtient à l'aide des machines magnéto-électriques.

» Une expérience déjà fort ancienne, faite aux Invalides sur une machine de la compagnie l'*Alliance*, ne nous avait fourni qu'une appréciation insuffisante, et il était intéressant de contrôler sous ce rapport les résultats fournis par les nouvelles machines de M. Gramme.

» Dans ce but nous avions, depuis près d'un an, installé un dynamomètre de rotation dans les ateliers de MM. Sautter et Lemonnier ; mais l'expérience n'a pu être faite que le 16 octobre 1875 sur le modèle de grande puissance lumineuse, que l'inventeur considère comme le plus perfectionné. Les résultats obtenus dans ce premier essai sur une lumière de

1850 becs Carcel nous ont engagé à faire ensuite, le 4 décembre, la même détermination sur une machine de 300 becs.

» La grande vitesse à laquelle fonctionnent les machines Gramme rendait assez difficile l'installation d'un dynamomètre qui, eu égard aux diamètres des poulies de transmission, ne devait pas fonctionner à moins dé 250 tours par minute. Cependant les tracés fournis par l'appareil ont été parfaitement satisfaisants après quelques tâtonnements inséparables de ces sortes de détermination.

» Le travail dépensé a ainsi été mesuré avec toute l'exactitude désirable, mais il n'en est pas tout à fait de même quant à l'intensité lumineuse.

» Cette intensité était mesurée à l'aide d'un photomètre à éclairage direct, donnant lieu à deux zones contiguës, éclairées exclusivement, l'une par une lampe Carcel, l'autre par la lampe électrique. L'une des zones paraissait verte par rapport à l'autre qui semblait teintée de rose, et, parmi les divers modes essayés, celui qui était incontestablement le meilleur a consisté à corriger la différence de ces nuances par l'interposition de deux verres peu colorés en sens inverse. L'égalité a été obtenue en plaçant la lampe Carcel, type, brûlant 40 grammes à l'heure, à une distance suffisamment rapprochée du photomètre, le bec électrique restant placé à 40 mètres dans la première détermination, et à 20 mètres dans la seconde.

» Malgré la constance du courant électrique aboutissant au régulateur, la lumière éprouve, par suite de l'irrégularité de composition des charbons, des oscillations qui, pour la plupart, ne sont perceptibles que dans les déterminations photométriques; mais il en résulte, sous ce rapport, une grande difficulté pour la détermination précise de cette intensité et sa définition par rapport à la dépense de travail qu'elle exige.

» Nous n'avons pu nous mettre à l'abri de ces inconvénients qu'en multipliant les déterminations et en les limitant à un temps très-court. La lampe type ayant été placée de manière à équivaloir, dans le champ du photomètre, à l'éclairage moyen de la lampe électrique, on maintenait l'appareil en fonction pendant un certain temps, et, à l'instant précis où l'on jugeait qu'il y avait égalité apparente, un signal prévenait l'observateur du dynamomètre qu'il eût à effectuer un tracé qui durait quelques secondes à peine. Un autre observateur relevait le nombre de tours correspondant du dynamomètre pendant une minute, et l'opération du tracé dynamométrique était discontinuée jusqu'au moment où un nouveau signal partant de l'observateur du photomètre permettait un nouveau tracé. On

trouvera dans le tableau suivant toutes les données relatives aux observations qui ont ainsi complétement réussi.

» Pour l'estimation du nombre de tours de l'arbre de la machine magnéto-électrique, il était essentiel de s'assurer qu'il n'y avait aucun glissement de courroie. On a pu, à diverses reprises, comparer simultanément la vitesse des deux arbres au moyen de deux compteurs de tours; on a trouvé ainsi, pour la première expérience, que le rapport du nombre des tours était 5,18, le rapport calculé d'après le diamètre des poulies et l'épaisseur des courroies étant 5,26.

» On aura donc la vitesse de l'arbre de la machine magnéto-électrique en multipliant par 5,22 la vitesse moyenne de l'arbre du dynamomètre, ce qui donne, pour la première série d'expériences, douze cent soixante-quatorze tours par minute; dans la seconde, le rapport des vitesses étant seulement de 3,65 et le nombre des tours moyens du dynamomètre de 2,39 par minute, le nombre de tours de la machine est exprimé par le produit $2,39 \times 3,65 = 872$.

» La machine qui a fourni 1850 becs présentait les dispositions suivantes :

» L'arbre horizontal portait deux séries de conducteurs disposés symétriquement, l'un à gauche, recevant le produit de 15 bobines partielles distribuées autour d'un anneau de fer doux. Dans les intervalles compris entre ces premières bobines s'en trouvaient 15 autres intercalées et en communication avec le conducteur placé de l'autre côté de l'arbre. Les deux courants s'additionnaient en quantité lorsque la bobine totale tournait autour de l'arbre devant les pôles de quatre électro-aimants, mis en fonction par une partie du courant développé, dont le surplus était conduit à la lampe électrique.

» Voici d'ailleurs les données numériques les plus importantes :

Électro-aimants :	
Diamètre du fer d'un des électro-aimants	m 0,070
Longueur	0,404
Diamètre de chaque électro-aimant garni de fil	0,132
Diamètre du fil	0,0033
Poids du cuivre enroulé sur chaque électro-aimant	kg 24,00
Bobine :	
Diamètre extérieur de l'anneau de fer doux	m 0,195
Diamètre intérieur de l'anneau de fer doux	0,157
Largeur de l'anneau de fer doux	0,119
Diamètre extérieur de la bobine	0,230

Diamètre intérieur de la bobine	$0^{m},120$
Diamètre du fil	0,0026
Poids total du fil enroulé	$14^{kg},50$
Diamètre des cylindres des conducteurs	$0^{m},090$
Fil conducteur à la lampe :	
Diamètre	0,0078
Section	0,000047
Machine :	
Longueur totale, poulie comprise	0,800
Hauteur totale	0,585
Largeur totale	0,550

» La machine qui a fourni la lumière de 300 becs Carcel est plus simple, en ce qu'elle ne comporte qu'une seule série de conducteurs et de petites bobines et deux électro-aimants seulement.

Électro-aimants :	
Diamètre du fer d'un des électro-aimants	$0^{m},070$
Longueur	0,355
Diamètre de chaque électro-aimant garni de fil	0,120
Diamètre du fil	0,0038
Poids du cuivre enroulé sur chaque électro-aimant	$14^{kg},320$
Bobine :	
Diamètre extérieur de l'anneau de fer doux	$0^{m},168$
Diamètre intérieur de l'anneau de fer doux	0,123
Largeur de l'anneau de fer doux	0,101
Diamètre extérieur de la bobine	0,103
Diamètre intérieur de la bobine	0,119
Diamètre du fil	0,002
Poids total du fil enroulé	$4^{kg},650$
Diamètre du cylindre des conducteurs	$0^{m},089$
Fil conducteur à la lampe :	
Diamètre	0,026
Section	0,0000055
Machine :	
Longueur totale, poulie comprise	0,650
Hauteur totale	0,506
Largeur totale	0,410

» La grande machine a été desservie par une lampe construite dans les ateliers de M. Gramme lui-même, avec charbons de 81 millimètres carrés

de section; la petite par une lampe de M. Serrin, avec charbons de même dimension.

TABLEAU DES EXPÉRIENCES.

Machine grand modèle (16 octobre 1875).

Rapport des distances au photomètre. . . . $40 : 0{,}93$

Rapport des intensités. . . . . $\overline{40}^2 : \overline{0{,}93}^2 = 1850$

Numéros des tracés.	Tours du dynamomètre par minute.	Ordonnées moyennes du diagramme.	Travail en kilogrammètres par seconde.
		mm	
1.	238	22,50	678,28
2.	251	18,89	600,56
3.	248	21,74	682,82
4.	244	16,60	513,00
5.	241	15,59	475,86
6.	244	16,65	516,23
Moy.	244		576,12 ou $7^{ch},68$

Travail pour 100 becs. . . . . . . $7^{ch},68 : 18,50 = 0^{ch},415$

Travail par bec et par seconde. $0^{kgm},31$

Machine petit modèle (4 décembre 1875).

Rapport des distances au photomètre. . . . $20 : 1{,}15$

Rapport des intensités. . . . . $\overline{20}^2 : \overline{1{,}15}^2 = 302{,}4$

Numéros des tracés.	Tours du dynamomètre par minute.	Ordonnées moyennes du diagramme.	Travail en kilogrammètres par seconde.
		mm	
1.	234	7,11	201,73
2.	238	6,66	200,79
3.	244	7,42	229,42
Moy.	239		210,65 ou $2^{ch},81$

Travail pour 100 becs. . . . . . . $2^{ch},81 : 3,024 = 0^{ch},92$

Travail par bec et par seconde. $0^{kgm},69$

» Les machines ont marché avec régularité pendant un temps suffisant pour qu'on ait pu constater l'absence de tout échauffement sensible. Aussi le travail dépensé a-t-il très-peu varié pendant le cours des diverses séries d'expériences, quoique l'une des déterminations eût été faite à la suite d'un fonctionnement très-prolongé.

» Au point de vue de la dépense relative qu'entraînent les différents modes d'éclairage, les chiffres suivants présentent un certain intérêt.

» 1850 becs Carcel exigeraient une consommation de $1850 \times 0^{kg},040$ d'huile, soit 71 kilogrammes d'huile par heure, ou de $1850 \times 0^{mc},105$ de gaz, soit 194 mètres cubes de gaz d'éclairage, ou enfin $7,56 \times 4$ kilogrammes de houille, soit $30^{kg},24$ de houille. Dans ces conditions, la dépense en combustible ne représenterait que la centième partie de la dépense en huile et la cinquantième partie de la dépense en gaz d'éclairage, à Paris.

» La comparaison serait moins favorable pour les foyers lumineux plus petits; car, en partant des données de notre expérience, on trouve pour la grande machine que chaque bec Carcel exige, par seconde, une dépense de $0^{kgm},31$ de travail, et, pour la petite machine, un travail de $0^{kgm},69$, double du précédent. Cette consommation de travail, d'après les indications de M. Heilmann, citées plus loin, s'élèverait à $1^{kgm},23$ pour chacun des becs Carcel de leurs lampes de 100 becs. Ces chiffres forment une série continue, très-favorable, au point de vue de l'intensité, mesurée à la lampe même, des plus gros becs. Mais ceux-ci, destinés à éclairer de plus grands espaces, sont nécessairement plus éloignés des points sur lesquels ils doivent porter la lumière, et nous trouvons ainsi un correctif très-naturel à l'avantage intrinsèque des lumières les plus énergiques.

» Les applications de l'éclairage par la machine magnéto-électrique se multiplient. Depuis plus d'une année, la fonderie de MM. Heilmann, Ducommun et Steinlen, de Mulhouse, d'une superficie de 1800 mètres carrés, est éclairée par quatre lampes de 100 becs, munies de verres dépolis. On lit très-facilement dans tous les points de l'atelier, et, d'après une estimation faite à l'aide d'un indicateur de pression, appliqué à la machine à vapeur, le travail dépensé pour chaque lampe et pour la partie de la transmission qui y correspond, représente 1,65 cheval-vapeur.

» D'après les renseignements que nous avons recueillis directement, la réussite serait complète. Les ateliers de M. Pouyer-Quertier sont éclairés de la même façon, et l'on vient de faire à l'Administration du chemin de fer du Nord, à Paris, des essais pour éclairer la gare par le même moyen.

» Une lampe de 100 becs, pour éclairer un travailleur comme le ferait la lampe ordinaire à $0^{m},50$ de distance, pourrait être placée à 5 mètres; celle de 300 becs à $8^{m},70$, celle de 1850 à $21^{m},50$; et ces chiffres suffisent pour montrer que les lampes les plus énergiques peuvent recevoir des applications utiles dans l'éclairage des grands chantiers. On remarque, d'ailleurs, que la dissémination, produite par la lumière reçue par les plafonds et les murs, constitue, en dehors de l'action directe du foyer, un

éclairage général, tel qu'on peut lire facilement à ces distances, même en maintenant le papier dans les zones d'ombre portée, qui paraissent par contraste les plus obscures. Ce même résultat est obtenu encore plus sûrement, au moyen de quelques lampes de moindre puissance, les ombres de l'une étant alors très-effacées par la lumière des autres. Dans l'atelier de M. Sautter, qui présente une superficie de 1200 mètres carrés, trois lampes de 100 becs, atténuées par des globes en verre dépoli, répandent sur tous les points où les ouvriers sont occupés une lumière aussi favorable au travail que celle du jour.

» Les irrégularités produites par l'impureté des charbons pourront sans doute être évitées, lorsqu'on aura un débouché suffisant de cette matière pour la fabriquer d'une manière spéciale et non plus la chercher dans le coke des fours à gaz. On ne saurait estimer à moins de $0^m,010$ à $0^m,012$ la longueur des crayons de charbon, brûlée par heure, et, si cette consommation ne se traduit pas par une grande augmentation dans la dépense ($0^{fr},20$ par bec et par heure), elle deviendra cependant suffisante pour qu'il soit bientôt nécessaire d'y pourvoir par des procédés mieux appropriés. »

M. **Boussingault** donne lecture d'un Mémoire portant pour titre : « Expériences pour déterminer la perte en sucre pendant le sucrage du moût et du marc de raisin ».

M. **du Moncel**, en présentant à l'Académie le tome IV de son *Exposé des applications de l'électricité* (troisième édition), s'exprime comme il suit :

« Le quatrième volume de mon *Exposé des applications de l'électricité*, que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie, se rapporte à l'horlogerie électrique, aux enregistreurs électriques et enfin aux applications de l'électricité à la sécurité et aux services des chemins de fer.

» Dans la partie qui se rapporte à l'horlogerie électrique, qui ne comprend pas moins de 200 pages, je discute d'abord les meilleures conditions d'installation de ces sortes d'appareils. J'étudie ensuite les différents systèmes qui ont été imaginés, soit pour la transmission électrique de l'heure fournie par une horloge type au moyen de compteurs électrochronométriques qui peuvent être aussi nombreux que l'on veut, soit pour le réglage électrique ou la remise à l'heure des horloges existantes, toujours d'après un régulateur type, soit pour fournir directement l'heure sans le secours de poids ou de ressorts moteurs qu'il faille remonter. Enfin je termine

cette partie de mon Ouvrage par la description des différents accessoires de l'horlogerie, tels que réveils électriques, calendriers électriques perpétuels, régulateurs électrosolaires, appareils pendulaires pour la démonstration du mouvement de rotation de la Terre, sonneries électrochronométriques, mémentos électriques, etc., etc.

» La section du volume qui se rapporte aux enregistreurs électriques est divisée en trois classes, qui comprennent : 1° les chronoscopes et chronographes électriques avec leurs applications; 2° les enregistreurs météorologiques; 3° les systèmes d'enregistreurs électriques appliqués à la Mécanique, aux Sciences et aux Arts. Les chronographes électriques sont aujourd'hui très-employés, et les appareils de ce genre qui ont été imaginés sont nombreux; toutefois, le problème de la mesure de temps infiniment courts ne laisse pas que d'être très-complexe en raison de la précision qui est exigée de la part de ces instruments et des effets si variables et si instables des actions électriques; j'ai dû, en conséquence, faire précéder mes descriptions d'une longue dissertation scientifique sur les meilleurs moyens à employer pour placer ces appareils dans de bonnes conditions. J'ai dû ensuite, pour la clarté de mon travail, répartir en quatre catégories les différents appareils imaginés, de sorte que j'ai eu à étudier successivement : 1° les chronoscopes; 2° les chronographes électromagnétiques; 3° les chronographes à effets électriques statiques; 4° des chronographes à mouvements lents et à marqueurs de secondes. Quant aux applications des chronographes, elles sont tellement nombreuses que j'ai dû les répartir elles-mêmes en quatre classes. La première de ces classes se rapporte à la détermination de la vitesse des projectiles; la deuxième, à la détermination des différences de longitude; la troisième, aux études scientifiques. Parmi les applications se rapportant à cette dernière classe, je citerai celles qui en ont été faites aux observations astronomiques, à la détermination de l'erreur personnelle des observateurs, à la détermination de la vitesse de la lumière, à la vérification des lois de la chute des corps, etc. Enfin, la quatrième classe comprend les applications des chronographes à la mécanique et notamment aux compteurs des vitesses des mobiles.

» Les enregistreurs météorologiques constituent l'un des chapitres les plus importants de ce volume. Ils sont aujourd'hui si nombreux et d'une disposition si complète que j'ai dû non-seulement diviser ce chapitre en plusieurs subdivisions, mais encore consacrer de nombreuses pages à la description de chacun d'eux. Dans un premier sous-chapitre, j'étudie les

anémographes et anémoscopes électriques imaginés jusqu'à ce jour; dans un second, tous les thermométrographes, barométrographes, psychrométrographes, udométrographes, sismographes, qui ont été établis isolément. Enfin, dans un troisième, je décris avec les détails nécessaires les météorographes, instruments qui constituent à eux seuls tout un observatoire météorologique et où les observations sont enregistrées automatiquement, soit d'une manière continue, soit à des intervalles de temps plus ou moins rapprochés. Les principaux appareils de ce genre sont ceux de MM. Wheatstone, Bertelli, Secchi, Hough, Wild, Théorell, Van Rysselberghe et Schubart.

» Le chapitre se rapportant aux enregistreurs électriques divers comprend les mesureurs électriques à distance, les maréographes électriques, les lochs électriques, les oscillographes, les enregistreurs des variations dans la verticalité du fil à plomb, les enregistreurs électrophysiologiques, les enregistreurs des mouvements de flexion des ponts en tôle, les galvanométrographes, les enregistreurs des improvisations musicales, etc.

» La dernière partie de mon volume a été réservée exclusivement aux applications de l'électricité, à la sécurité et aux services des chemins de fer. Cette question, toutefois, n'a pu être traitée d'une manière tout à fait complète, et je n'ai parlé dans ce volume que des systèmes électriques aujourd'hui appliqués sur les différentes lignes. Mais, dans mon cinquième volume, je compléterai cette partie par un second chapitre, dans lequel je décrirai les principaux systèmes imaginés en vue de mettre en relation les stations avec les trains en mouvement. Ces systèmes sont assez variés, et aujourd'hui que l'expérience a statué sur l'efficacité de plusieurs des moyens mis à contribution dans ces systèmes, on ne sera peut-être pas aussi effrayé qu'il y a une quinzaine d'années de leur application à la sécurité des voies ferrées.

» J'ai dû diviser le chapitre qui termine mon quatrième volume en trois parties. La première se rapporte aux appareils télégraphiques employés, aux systèmes pour couvrir les stations, tels que contrôleurs de la manœuvre des disques signaux; sifflet automoteur, contrôleurs des feux de nuit. La deuxième se rapporte aux systèmes pour couvrir les trains, et dans cette partie sont compris : 1° les indicateurs de la marche des trains, dont les systèmes Regnault, Tyer, Preece sont les types les plus perfectionnés; 2° les électrosémaphores, dont les plus importants sont ceux de MM. Siemens, Lartigue, Tesse, Prudhomme et Daussin; 3° les systèmes avertisseurs pour les passages à niveau et les tunnels. Enfin, la troisième partie comprend les systèmes imaginés pour le service des gares et l'exploitation des chemins

de fer. Ces systèmes se rapportent aux contrôleurs de la manœuvre des aiguilles de changement de voie, aux indicateurs du niveau de l'eau dans les cuves d'alimentation, aux communications électriques reliant les différentes parties des convois et permettant un échange de signaux entre ces différentes parties, aux freins électriques automoteurs, enfin aux systèmes employés pour augmenter l'adhérence des roues des locomotives aux rails, afin de rendre la traction plus puissante et d'alléger les locomotives. Ces questions sont, comme on le comprend aisément, d'un intérêt général, et elles ont dû être traitées avec un grand développement. Aussi ce volume contient-il 570 pages grand in-8° en texte compacte, avec neuf planches gravées et 123 gravures sur bois, intercalées dans le texte. »

MÉMOIRES LUS.

PHYSIQUE. — *Recherches sur la polarisation rotatoire magnétique* (2e partie); par M. **H. Becquerel**. (Extrait par l'Auteur.)

(Commissaires : MM. Fizeau, Jamin, Berthelot, Desains.)

« Dans la première partie de ce travail (1), j'ai montré que la rotation du plan de polarisation d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, traversant des corps diamagnétiques soumis à l'action d'un aimant, croissait en général avec l'indice de réfraction n du rayon étudié, à peu près comme la fonction $n^2(n^2-1)$, que des considérations sur le mode de transmission des vibrations lumineuses m'avaient conduit à faire intervenir dans l'expression du phénomène. En étendant les expériences à un grand nombre de substances, on arrive aux conséquences suivantes : 1° le quotient du nombre R qui représente la rotation magnétique correspondant à un rayon de longueur d'onde déterminée, par le produit $n^2(n^2-1)$, est un nombre qui varie peu pour les divers corps étudiés, alors que les rotations présentent de grandes différences; 2° pour une même famille chimique de corps, le rapport de R à $n^2(n^2-1)$ est très-sensiblement le même. Par exemple, en opérant avec la lumière jaune du sodium, et prenant pour unité la rotation du sulfure de carbone à la température de 15 degrés, on trouve que ce rapport s'écarte peu de 0,11 pour les acides très-oxygénés, tels que les acides azotique et sulfurique; de 0,16 pour les alcools; de 0,23 pour un grand nombre de chlorures et de composés binaires de soufre

(1) *Comptes rendus*, t. LXXX, p. 1376; 7 juin 1875.

de phosphore, de carbone, de brome et de sélénium. Pour les sels d'étain, il s'élève à 0,36, et pour les composés d'antimoine à 0,43. Ces nombres semblent liés à la nature et à l'état moléculaire des corps; ils augmentent en général avec le diamagnétisme de ces corps, et diminuent lorsque les molécules renferment un élément magnétique tel que l'oxygène.

» La seconde partie de ce travail est relative à l'étude des corps magnétiques qui présentent un pouvoir rotatoire magnétique négatif. En mesurant les rotations produites par des dissolutions inégalement concentrées de protochlorure et de perchlorure de fer dans l'eau, on obtient les résultats indiqués dans les tableaux suivants; ces rotations ont été mesurées pour la lumière jaune correspondant à la double raie D et sont rapportées à la rotation de l'eau :

	Densités des dissolutions.	Poids du sel dans l'unité de volume.	Rotation de la dissolution.	Rotation due à l'eau.	Rotation due au sel.	Pouvoir rotatoire moléculaire.
Dissolutions de protochlorure de fer.	1,4332	0,5283	+ 0,195	+0,9049	— 0,709	— 1,343
	1,2146	0,2641	+ 0,765	+0,9505	— 0,185	— 0,700
	1,1096	0,1320	+ 0,908	+0,9775	— 0,069	— 0,528
	1,0548	0,0660	+ 0,954	+0,9888	— 0,034	— 0,521
Dissolutions de perchlorure de fer.	1,8400	1,3800	—20,029	+0,4600	—20,489	»
	1,7860	1,2604	—19,068	+0,5256	—19,593	»
	1,6960	1,0176	—15,795	+0,6784	—16,473	—16,190
	1,5330	0,7665	— 8,768	+0,7665	— 9,534	—12,446
	1,3240	0,4413	— 2,674	+0,8827	— 3,556	— 8,059
	1,1685	0,2206	— 0,116	+0,9479	— 1,064	— 4,822
	1,0866	0,1103	+ 0,621	+0,9763	— 0,355	— 3,215
	1,0446	0,0551	+ 0,869	+0,9894	— 0,120	— 2,177
	1,0233	0,0275	+ 0,936	+0,9957	— 0,059	— 2,153

» On admet généralement que, avec des dissolutions inégalement concentrées d'un sel diamagnétique, le rapport de la rotation magnétique au poids du sel anhydre conteuu dans la dissolution est un nombre sensiblement constant que l'on peut appeler le pouvoir rotatoire magnétique moléculaire du sel dissous. J'ai reconnu, au contraire, que les dissolutions de protochlorure et de perchlorure de fer dans l'eau conduisent à des nombres essentiellement variables. Lorsque ces dissolutions sont très-étendues, le pouvoir rotatoire moléculaire, qui est négatif, est sensiblement constant; puis, à mesure que la concentration devient plus grande, il augmente à peu près proportionnellement au poids du sel anhydre contenu dans l'unité de volume de la dissolution. L'état de sursaturation des

dissolutions concentrées se maintient pendant un temps suffisant pour permettre les observations à la température ordinaire. Le perchlorure de fer forme avec l'eau diverses combinaisons chimiques; cependant les pouvoirs rotatoires moléculaires de ce sel croissent régulièrement jusqu'à la dissolution de densité 1,696; mais un peu au delà ils cessent de croître et même ils diminuent. Ce fait montre qu'à partir de ce moment le rapport de la rotation au poids du sel anhydre ne représente plus le pouvoir rotatoire moléculaire de la substance. Il y a peut-être alors formation d'un nouvel hydrate ou décomposition partielle du perchlorure de fer; j'ajouterai que la dissolution de densité 1,696 se prend en une masse cristalline jaune clair, tandis que les dissolutions plus concentrées se prennent en une masse brune. Pour les dissolutions de perchlorure de fer, dont la densité est inférieure à 1,7, la marche du phénomène étant la même que pour le protochlorure, qui ne forme pas avec l'eau des combinaisons définies multiples, on doit en conclure que l'accroissement régulier du pouvoir rotatoire moléculaire n'est pas dû au seul fait des combinaisons du sel avec l'eau. En outre, si l'on admettait que l'indice de réfraction eût une influence analogue à celle que j'ai signalée pour les corps diamagnétiques, les variations qui en résulteraient pour les pouvoirs rotatoires seraient bien plus faibles que les variations observées, car, avec la lumière jaune D, l'indice de la dissolution la plus étendue est 1,3403 et celui de la dissolution la plus concentrée 1,6163; dans l'intervalle, cet indice varie régulièrement avec la densité.

» Des dissolutions de substances moins magnétiques, telles que des composés d'uranium ou de nickel, conduisent à des pouvoirs rotatoires moléculaires qui peuvent être négatifs ou positifs, mais qui varient très-peu avec la concentration. Je continue, du reste, l'étude de ces effets.

» Ainsi l'on arrive à cette conséquence importante qu'avec les sels de fer la rotation magnétique croît beaucoup plus vite que le nombre des molécules actives. Il est permis de supposer que le phénomène est dû à une action propre des molécules magnétiques qui agissent sur la lumière polarisée comme autant de petits aimants inverses à l'aimant qui les influence. Cette hypothèse expliquerait comment, lorsque les molécules sont trop éloignées pour s'influencer mutuellement d'une façon sensible, la rotation moléculaire est constante, et comment cette rotation augmente lorsque, par suite de la concentration, les molécules se rapprochent de façon à pouvoir réagir l'une sur l'autre et augmenter le magnétisme propre

qu'elles prendraient si elles étaient soumises isolément à l'action de l'aimant.

» Dans le cours de ces recherches j'ai dû me préoccuper de la dispersion des plans de polarisation des différents rayons lumineux traversant un même corps soumis à l'action du magnétisme. Les observations faites avec le sulfure de carbone et le sous-sulfure de phosphore, qui possèdent une grande dispersion, montrent qu'on se rapproche beaucoup de l'expérience en tenant compte de l'indice de réfraction du rayon lumineux en même temps que de la longueur d'onde, et en représentant la rotation par $A\frac{n^2(n^2-1)}{\lambda^2}$, λ étant la longueur d'onde. Toutefois, cette expression ne représente pas complétement les observations relatives aux sels de fer.

» Il résulte du présent travail que les molécules des corps soumis à l'action du magnétisme interviennent par leur action propre dans le phénomène de la rotation du plan de polarisation de la lumière, et, en outre, que, pour les corps très-magnétiques, cette action varie avec la distance mutuelle des molécules actives. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Vibrations calorifiques d'un solide homogène à température uniforme*. Mémoire de M. **F. Lucas**. (Extrait par l'Auteur.)

(Commissaires : MM. Jamin, de Saint-Venant, Resal, Puiseux.)

« La tendance actuelle de la Science est d'attribuer la *chaleur* d'un corps à des vibrations moléculaires qui seraient dues à la mise en œuvre des forces intérieures. Cette conception soulève évidemment les questions suivantes : L'hypothèse des actions à distance permet-elle de démontrer l'existence de vibrations intangibles, essentiellement distinctes des mouvements élastiques? Si ces vibrations existent, par quelles lois sont-elles régies? Ces lois sont-elles de nature à nous faire logiquement entrevoir dans les vibrations moléculaires l'essence même de ce que nous appelons la *température* du corps? L'objet de ce Mémoire est de résoudre ces diverses questions, qui n'ont, croyons-nous, été jusqu'ici qu'à peine effleurées.

» Nous considérons un solide homogène à température uniforme, placé dans des conditions ambiantes, en vertu desquelles il ne fasse aucun prêt ni aucun emprunt de calorique au monde extérieur. Ce corps revêt une

figure d'équilibre stable, sous laquelle on conçoit que ses molécules pourraient rester en repos, de manière que chacune d'elles conservât indéfiniment des coordonnées fixes (x, y, z). Si, par une cause quelconque, ce repos primitif vient à être légèrement troublé, il peut se produire un état vibratoire particulier, déterminé par les formules

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} u &= \mathrm{S}\frac{\mu}{n}\cos\left(\frac{x}{n}+\frac{y}{p}+\frac{z}{q}+g\right)\cos(t\sqrt{s}+\varepsilon),\\ v &= \mathrm{S}\frac{\mu}{p}\cos\left(\frac{x}{n}+\frac{y}{p}+\frac{z}{q}+g\right)\cos(t\sqrt{s}+\varepsilon),\\ w &= \mathrm{S}\frac{\mu}{q}\cos\left(\frac{x}{n}+\frac{y}{p}+\frac{z}{q}+g\right)\cos(t\sqrt{s}+\varepsilon),\end{aligned}\right.$$

dans lesquelles u, v, w représentent les trois projections de l'écart du point (x, y, z), à l'instant t, sur sa position d'équilibre; μ, ε, n; p, q, g, s des paramètres constants pour tous les points du système, S une somme de termes correspondant à une série de valeurs de ces paramètres.

» Pour que ce mouvement soit possible, il faut et il suffit que la disposition géométrique intérieure de la figure d'équilibre soit de telle nature que les molécules occupent les sommets d'un assemblage réticulaire de Bravais. Il existe alors une infinité de directions de plans réticulaires équidistants, sur lesquels se rangent les molécules du corps. Soit, pour une de ces directions, ρ la distance de deux plans consécutifs, α, β, γ les angles que la normale à ces plans fait avec les trois axes des coordonnées, nous aurons

$$(2)\qquad n=\frac{\rho}{\pi\cos\alpha},\quad p=\frac{\rho}{\pi\cos\beta},\quad q=\frac{\rho}{\pi\cos\gamma}.$$

» Soit d'ailleurs i l'indice entier par lequel on peut caractériser le numéro d'ordre du plan sur lequel le point (x, y, z) est situé. Les équations (1) se ramènent à la forme

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned} u &= \mathrm{S}\frac{\mu}{n}\cos i\pi\cos(t\sqrt{s}+\varepsilon),\\ v &= \mathrm{S}\frac{\mu}{p}\cos i\pi\cos(t\sqrt{s}+\varepsilon),\\ w &= \mathrm{S}\frac{\mu}{q}\cos i\pi\cos(t\sqrt{s}+\varepsilon),\end{aligned}\right.$$

dans lesquelles μ et ε désignent des paramètres arbitraires et s un coefficient déterminé.

» La valeur du paramètre s résulte de l'une quelconque des formules

$$(4)\quad \begin{cases} s + m\sum f(r)\cos\pi\Delta i = -mn\sum \frac{f'(r)}{r}\,\Delta x\,\pi\Delta i\cos\pi\Delta i,\\ s + m\sum f(r)\cos\pi\Delta i = -mp\sum \frac{f'(r)}{r}\,\Delta y\,\pi\Delta i\cos\pi\Delta i,\\ s + m\sum f(r)\cos\pi\Delta i = -mq\sum \frac{f'(r)}{r}\,\Delta z\,\pi\Delta i\cos\pi\Delta i, \end{cases}$$

dans lesquelles nous désignons par m la masse d'une molécule quelconque, par $mmrf(r)$ l'action mutuelle du point (x, y, z) et du point $(x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z)$ compris dans sa sphère d'activité; par Δi l'accroissement entier de l'indice i, caractéristique du plan réticulaire, lorsque l'on passe du premier point au second; par Σ une somme correspondant à toutes les molécules comprises dans la sphère d'activité de (x, y, z).

» Le mouvement vibratoire défini par ces formules (4) présente les propriétés suivantes : les écarts des molécules sur leurs positions d'équilibre sont très-petits, comparativement aux intervalles moléculaires; les périodes des vibrations sont infiniment plus courtes que celles des vibrations sonores; la force vive moyenne du mouvement est constante pour chaque molécule. Il s'agit donc d'un mouvement calorifique; la température uniforme est proportionnelle à la force vive moyenne en chaque point.

» Nous faisons d'ailleurs l'application de cette théorie nouvelle à l'étude de l'influence des pressions et des tractions sur la température d'un corps solide. On sait que la plupart des corps s'échauffent lorsqu'on les comprime et se refroidissent lorsqu'on les étire; des effets inverses peuvent aussi se produire. Ces phénomènes, tout à fait inexplicables par la théorie mécanique de la chaleur, à laquelle on a vainement essayé de les rattacher, ont une cause spéciale qui ne saurait être la transformation thermique du travail toujours positif des forces extérieures.

» Ce travail extérieur est compensé par celui de l'élasticité proprement dite. L'élévation ou l'abaissement de la température du corps est due à un déversement de sa chaleur latente sur sa chaleur sensible ou à un déversement de sa chaleur sensible sur sa chaleur latente. Il existe en effet, indépendamment du mouvement vibratoire du centre de gravité de chaque molécule (mouvement dont le thermomètre peut révéler la présence), un mouvement latent des atomes dont l'agrégation plus ou moins complexe constitue cette molécule. Les pressions et les tractions occasionnent simplement un échange de force vive entre le mouvement sensible et le mouvement latent. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la formation de la grêle* (deuxième Note); par M. G. PLANTÉ.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

« J'ai montré précédemment (1) l'influence que devait avoir, dans la formation de la grêle, l'électricité atmosphérique à l'état de décharge ou de flux dynamique, non point en produisant le froid nécessaire à la congélation, comme on l'a supposé quelquefois, mais en exerçant, au contraire, une puissante *action calorifique*, capable de vaporiser rapidement l'eau des nuages, et de projeter la vapeur formée dans les régions froides de l'atmosphère.

» Pour achever d'exposer le rôle de l'électricité dans ce phénomène naturel, il convient de mentionner l'*action mécanique* qui peut résulter du passage du flux électrique au sein de masses aqueuses, et projeter aussi dans les airs des globules liquides susceptibles de se transformer en grêlons.

» On a vu, d'après mes expériences antérieures, qu'avec une source intense d'électricité voltaïque, l'immersion du fil positif dans un liquide conducteur, tel que l'eau salée, déterminait l'agrégation des molécules aqueuses, autour de l'électrode, sous forme d'un sphéroïde lumineux, par suite d'un double effet simultané d'écoulement et d'aspiration, ou de transport dans les deux sens qui semble particulier au flux électrique (*fig*. 1).

Fig. 1.

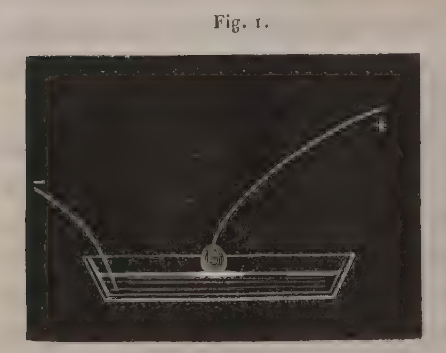
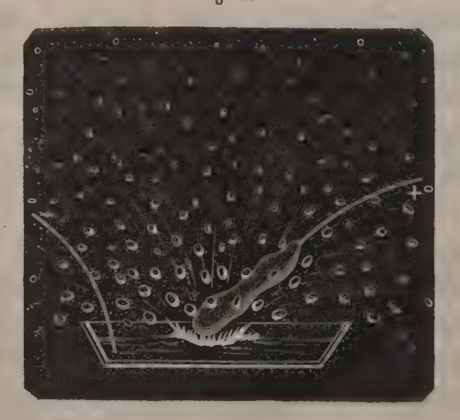


Fig. 2.



» Mais, en employant un courant encore plus intense, provenant de la décharge d'une batterie de 400 couples secondaires, on obtient par l'im-

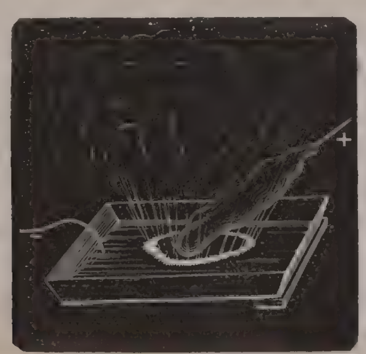
(1) *Comptes rendus*, t. LXXXI, p. 616; 1875.

mersion du fil positif, au lieu d'un globule unique, une *gerbe* d'innombrables globules ovoïdes qui se succèdent avec une excessive rapidité, et sont projetés à plus de 1 mètre de distance du vase où se fait l'expérience. L'étincelle produite en même temps à la surface du liquide se présente sous forme de couronne ou d'auréole à pointes multiples d'où jaillissent les globules aqueux (*fig.* 2).

» La métallité de l'électrode n'est pas nécessaire pour obtenir cet effet : un fragment de papier à filtrer, humecté d'eau salée, en communication avec le pôle positif, produit également le phénomène, et constitue une masse humide analogue, jusqu'à un certain point, à celle d'un nuage d'où s'écoulerait un flux d'électricité.

» Si, au lieu de rencontrer une couche profonde de liquide, le courant ne rencontre qu'une surface humide telle que les parois mêmes ou le fond incliné de la cuvette, les effets calorifiques prédominent, l'auréole est plus brillante, et l'eau est rapidement transformée en vapeur (*fig.* 3).


Fig. 3.



» L'action du courant diffère donc suivant la résistance qui lui est opposée, et l'on trouve ici un nouvel exemple de substitution réciproque de la chaleur et du travail mécanique résultant du choc électrique. Lorsque le travail représenté par la projection violente du liquide apparaît, il n'y a pas de chaleur ni de vapeur développées, et, quand aucun travail visible n'est accompli, lorsque le liquide n'est pas projeté, il y a chaleur engendrée et dégagement de vapeur.

» Il résulte de ces expériences :

» 1° Que les décharges électriques produites au sein des nuages peuvent, suivant la densité plus ou moins grande de ces conducteurs humides, déterminer leur réduction en vapeur, ou leur agrégation instantanée en globules d'un volume bien supérieur à celui des globules nuageux eux-mêmes,

et que les bombes liquides ainsi formées peuvent être projetées à de grandes hauteurs, où la température est notablement plus basse que celle du milieu dans lequel se produisent les décharges ;

» 2° Que la formation des grêlons, dans le cas où ils ne présentent pas une série de couches opaques et transparentes, mais une structure rayonnante à partir du centre, s'explique aussi par cette action mécanique ; ils doivent être produits d'un seul jet, et congelés sous le volume même qu'ils ont au moment où ils sont lancés par le flux électrique ;

» 3° Que la forme ovoïde ou en pyramide de ces grêlons, ainsi que leurs parties anguleuses, aspérités ou protubérances est due à leur origine électrique ;

» 4° Que la lueur quelquefois émise par les grêlons est due également à l'électricité ; car bien que, dans les expériences dont il s'agit, on ne puisse distinguer si les globules ont une lueur propre ou causée par la réflexion de l'étincelle, il est probable qu'ils sont aussi rendus phosphorescents par le flux électrique qu'ils renferment.

» Ces considérations n'excluent pas la formation de grêlons par voie d'accroissement successif au sein des tourbillons électrisés qui doivent naître, ainsi que je l'ai indiqué, sous l'influence magnétique du globe ; car, les courants électriques de l'atmosphère étant mobiles dans tous les sens autour des points d'où ils émanent, le magnétisme terrestre convertit, sauf à l'équateur même, leur mouvement rayonnant en mouvement gyratoire de forme spirale.

» Ainsi donc l'électricité intervient dans la production de la grêle par la variété de ses effets, soit mécaniques, soit calorifiques, soit magnéto-dynamiques. Le rôle des vents et des courants d'air est sans doute important ; ils entraînent, divisent ou rassemblent, sur leur passage, les masses nuageuses électrisées ; ils mettent en présence celles qui sont fortement chargées d'électricité et celles qui le sont moins ; ils les élèvent vers les régions froides de l'atmosphère ou facilitent autour d'elles l'abaissement de température nécessaire à la congélation ; ils les dirigent aussi, suivant la configuration du sol, vers les points où l'on observe que la grêle apparaît de préférence. Mais ce sont là des causes concourantes qui préparent seulement les conditions favorables à sa production, tandis que l'électricité est la cause efficiente qui, par sa présence même dans les nuages et par la puissance instantanée de ses décharges, détermine la formation subite et la chute du météore. »

VITICULTURE. — *Lettre adressée à M. le Président de la Commission du Phylloxera*, par M. **Mouillefert**, délégué de l'Académie.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

« Cognac, 28 janvier 1876.

» Comme j'ai eu occasion de vous le dire dans plusieurs de mes Rapports sur toutes les vignes que j'ai traitées l'année dernière dans la Charente et sur certains points de la Gironde, outre la disparition du Phylloxera, une amélioration sensible s'est produite dans leur état. Partout cette amélioration s'est traduite par une élongation de pousses plus considérable, par une plus grande vigueur et surtout, ce qu'il y a de plus remarquable, par la reconstitution plus ou moins complète, mais toujours réelle, du système radiculaire, résultat qu'on n'obtient, pour des vignes à la dernière extrémité, ni avec les engrais les plus énergiques, ni même avec la potasse.

» Ces racines, formées par l'effet du sulfocarbonate qui avait détruit les parasites de la vigne, résisteraient-elles pendant l'hiver et arriveraient-elles au printemps saines et prêtes à fonctionner? Tout le succès du sulfocarbonatage était dans la conservation de ces racines. En cas d'affirmative, les vignes traitées en 1875, par exemple, devaient être plus vigoureuses au printemps de 1876, puisqu'elles auraient un système radiculaire meilleur.

» Or la première partie du problème est, à mon sens, aujourd'hui résolue : *Les racines formées sous l'influence du sulfocarbonate de potassium ne meurent pas pendant l'hiver*, ce dont vous pourrez juger par vous-même par le bocal que j'ai l'honneur de vous remettre et qui contient des racines extraites d'une vieille vigne malade depuis longtemps et qui était tout à fait à la dernière extrémité lors du traitement (1). Ces racines étant à peu près toutes en très-bon état et avec leur chevelu, tout fait penser que cette vigne, grâce à un nouveau traitement qu'on applique en ce moment, continuera à se rétablir cette année au lieu de continuer à péricliter. »

M. **Cl. Roles**, M. **Laliman**, Mme **Deleval** adressent diverses Communications relatives au Phylloxera.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

---

(1) En effet, le propriétaire, M. Thibaut, arrache en ce moment la partie de cette vigne qui n'a pas été traitée.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le « Résumé des travaux de la Commission chargée d'examiner les questions qui se rattachent à l'assainissement des Halles centrales ». Ce Rapport est adressé à l'Académie par M. *Léon Lalanne*, président de la Commission.

2° Une brochure intitulée : « Études séritechniques sur Vaucanson », par M. *Is. Hedde*.

M. **Dumas** présente à l'Académie, au nom de la Commission du Phylloxera, l'Instruction pratique que la Commission vient de publier, sur les moyens à employer pour combattre le Phylloxera, spécialement pendant l'hiver.

M. Dumas se fait, à cette occasion, l'interprète des sentiments de gratitude de l'Académie envers M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce, dont la libéralité a permis à la Commission de donner à ses travaux l'extension nécessaire; envers les Compagnies de Lyon-Méditerranée, d'Orléans et des Charentes, qui ont autorisé le libre parcours des membres et des délégués de la Commission, et spécialement envers la Compagnie des chemins de fer du Midi, qui a voulu contribuer en outre, pour une large part, aux dépenses occasionnées par ces études longues et délicates.

SCIENCE APPLIQUÉE. — *Sur les travaux de percement du tunnel du mont Saint-Gothard*. Lettre de M. **D. Colladon** à M. le Secrétaire perpétuel (1).

« Le souterrain du mont Saint-Gothard est le plus long tunnel entrepris jusqu'à ce jour. Sa longueur surpasse, de 2687 mètres, celle de la galerie du mont Cenis; elle est presque double de la longueur du plus grand tunnel percé aux États-Unis, celui du mont Hoosac, dans le Massachusset.

» Les études géologiques démontrent que les roches qu'il faut traverser

---

(1) L'auteur adresse, avec cette lettre : 1° un Rapport sur l'état actuel des travaux du tunnel du mont Saint-Gothard, et sur les principaux appareils adoptés pour ce percement; 2° le Rapport n° 5 du Conseil fédéral suisse sur les moteurs et les compresseurs d'air employés au tunnel du Gothard; 3° un dessin représentant, à une échelle de même grandeur, les appareils pour la compression de l'air qui ont servi au percement du mont Cenis et ceux qui sont adoptés pour le tunnel du Saint-Gothard.

au Saint-Gothard sont notablement plus dures et plus accidentées que celles qui ont été rencontrées au mont Fréjus; et, pendant les trois années écoulées depuis l'origine des travaux de percement, on a dû lutter contre des obstacles physiques qui dépassent de beaucoup ceux qui ont été rencontrés pendant le percement du premier tunnel des Alpes et celui du mont Hoosac.

» Du côté d'Airolo, extrémité sud du tunnel, il s'est présenté de nombreuses failles, d'où s'écoulaient dans la galerie des torrents de boue et de gravier. Ce sont surtout les infiltrations qui ont entravé les opérations du percement : des sources abondantes, jaillissant du rocher avec une extrême violence, ont plus d'une fois arrêté les ouvriers et rendu les travaux exceptionnellement difficiles.

» Au mont Cenis, le volume d'eau d'infiltration maximum n'a pas dépassé 1 litre par seconde; au tunnel du Hoosac, on a signalé le volume de 18 litres par seconde, comme une des causes principales qui avaient retardé le percement. Au côté sud du souterrain du Saint-Gothard, le volume des eaux d'infiltration a été treize à quatorze fois supérieur à celui du mont Hoosac (230 à 240 litres par seconde), et la galerie dite d'*avancement*, ou de *direction*, dont la section n'est que d'environ 7 mètres carrés et la pente un millième, a été transformée, pendant un an et demi, en un canal où l'eau atteignait la hauteur d'un demi-mètre.

» Depuis le 24 novembre dernier, du côté nord du tunnel, les travaux d'avancement ont rencontré, sous la plaine d'Andermatt, un massif de gneiss et de feldspath décomposé et déliteux, lequel, chargé d'un poids énorme de dépôts quaternaires, tend à refluer dans la galerie et l'obstruerait si l'on ne prenait des précautions excessives (1).

» Depuis qu'on a introduit au Saint-Gothard un ensemble de méthodes et de procédés rationnels, et installé des moteurs puissants, des appareils nouveaux et à mouvements rapides pour la compression de l'air et la perforation mécanique, les vitesses d'avancement réalisées ont surpassé l'attente des hommes expérimentés, et il est permis d'espérer que le programme

(1) L'entrepreneur du tunnel du Saint-Gothard, M. Louis Favre, de Genève, qui a exécuté d'importants travaux en France pour la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, a souscrit en 1872, avec la Compagnie de la ligne du Saint-Gothard, un traité par lequel il s'engage à terminer ce tunnel en neuf années, sous peine de perdre un cautionnement de huit millions; dès la fin de la huitième année, si son travail n'est pas achevé, il sera passible d'une amende de 5000 francs par jour durant le premier semestre et de 10 000 francs par jour pendant le second semestre.

Le tunnel doit être voûté dans toute sa longueur. Le prix total stipulé pour cette

souscrit par M. Favre pourra se réaliser ; c'est ce qui résulte des nombres comparatifs suivants :

« Au mont Cenis, où la marche annuelle a été en progressant jusqu'à la fin de la treizième année, l'avancement, pour les deux galeries de direction, a été :

Pendant l'année 1868, de	1320,00 m
En 1869, de	1431,00
En 1870 (année du maximum), de	1635,00

» Les travaux du tunnel du Saint-Gothard ont commencé en octobre 1872; ils ont aujourd'hui trois ans et trois mois de date, et l'on y reconnaît également une marche progressive annuelle qui, on peut l'espérer, se continuera encore quelques années.

» L'avancement annuel total des galeries de direction a été :

Pendant l'année 1874, de........................	1784,50 m
Et pour l'année 1875, de........................	2428,50

» Ainsi, d'un côté, M. Favre a rencontré, dès le commencement, des obstacles bien plus sérieux que ceux qu'on a dû surmonter pendant le percement du Fréjus ; et, d'un autre côté, malgré tous ces obstacles, il a réalisé, dès la troisième année, un avancement de 48 $\frac{1}{2}$ pour 100 supérieur à l'avancement maximum annuel obtenu au Fréjus pendant treize années, durée du percement.

» Ces différences montrent bien que les méthodes et les mécanismes employés au Gothard présentent une supériorité notable sur ceux dont on s'était servi précédemment. Le caractère essentiel qui distingue ces derniers mécanismes, c'est la diminution de poids et de volume, et l'augmentation de puissance résultant d'une action beaucoup plus rapide.

» Pour les moteurs et les compresseurs du Gothard, j'ai été chargé par M. Favre, en ma qualité d'ingénieur-conseiller pour la partie mécanique de l'entreprise, de rédiger les projets d'installations ; j'ai adopté des dispositions assez semblables à celles que j'avais indiquées dans un Mémoire remis, en 1852, au Gouvernement sarde, au sujet du percement mécanique

---

entreprise à forfait représente les deux tiers environ de la dépense faite au souterrain de Fréjus, et surpasse peu les frais qu'a entraînés le percement du mont Hoosac.

La longueur du tunnel à percer dans le granit et dans des gneiss amphiboliques, au mont Saint-Gothard, est de 14 920 mètres.

On sait que le tunnel du mont Cenis, achevé en 1871 et long de 12 233 mètres, a été construit en treize ans et demi. Celui de Hoosac n'a que 7634 mètres de longueur ; sa construction a été un peu aidée par un puits intermédiaire entre les extrémités, et cependant elle a exigé, en proportion, un temps notablement plus long.

Ces données font ressortir la hardiesse des conditions souscrites par M. Favre, et l'intérêt qui s'attache à la réussite de cette entreprise.

du mont Cenis, et où je faisais valoir les avantages de l'emploi de l'air comprimé, substitué au câble sans fin, proposé par M. Maus, pour transmettre un travail extérieur aux outils placés au fond des galeries et pour produire en même temps l'aération du tunnel (1)

» Pour les installations mécaniques destinées à la compression de l'air au Saint-Gothard, nous avons substitué aux roues volumineuses à augets, faisant huit tours par minute, employées au mont Cenis, des turbines de petit diamètre animées d'une grande vitesse : 350 tours par minute sous une chute de 180 mètres à Airolo, où le volume d'eau est faible, et 150 tours à Göschenen, où le volume est plus abondant (2).

» Ces machines, moins coûteuses que les béliers, avaient un rendement trois fois supérieur, d'après le rapport officiel présenté en 1863 au Gouvernement italien par MM. Sommeiller, Grandis et Grattoni (3). »

ASTRONOMIE. — *Découverte de la Planète* (159); par M. **Paul Henry.** Note présentée par M. Le Verrier.

26 janvier 1876...... 9^{h}. t. m. Æ $= 3^{h}16^{m}40^{s}$. ℗ $= +11°,30'$.
Mouvement diurne. $+28^{s}$ $+$ $6'$.

» La planète est de 12,5.

---

(1) Il me sera permis de rappeler ici que ce Mémoire, qui a reçu, en février 1873, l'approbation d'une Commission nommée par l'Académie royale de Turin, contenait, outre l'indication de procédés utilisés plus tard au mont Cenis, le résumé de mes expériences, faites en 1850, 1851 et 1852, sur la résistance des gaz et de l'air dans les conduites en fer fondu, et la conclusion essentielle que la diminution du coefficient de résistance, quand les diamètres augmentent, est plus rapide qu'on ne le supposait à cette époque. (*Rapport de la Commission de l'Académie royale de Turin au Gouvernement sarde*, du 13 février 1853. — *Discours du général professeur F. Menabrea au Parlement des États sardes*, le 26 juin 1857.)

(2) La planche photographiée qui fait partie de mon envoi montre les proportions des appareils de compression d'air qui ont servi pour les deux percements. On y voit représentés les béliers compresseurs adoptés, à l'origine, à Bardonnèche et à Modane. Ces appareils volumineux et d'une puissance bornée, relativement à leur prix de revient, ont été remplacés peu de temps après par vingt-huit pompes colossales à piston liquide et à simple effet. Des pompes à piston hydraulique analogues, mais beaucoup plus petites, ont été employées en 1825 par l'ingénieur Taylor pour comprimer le gaz d'éclairage à de hautes tensions; elles sont décrites et figurées dans le *Traité de Chimie appliquée aux Arts* de M. Dumas, tome Ier, Atlas, *Pl. XVI*, *fig.* 12.

(3) *Tripla quantità d'aria con un terzo di meno di spesa*. Relazione della direzione tecnica, par MM. Sommeiller, Grandis et Grattoni, p. 92, 1863.

Observations de la planète (159), Émilia, faites à l'équatorial du jardin; par MM. Henry.

1876.	T. m. de Paris	Asc. droite.	log.(par × Δ).	Distance polaire.	log.(par × Δ).
	h m s	h m s		° ′ ″	
Janv. 26.	9.39.47	3.16.41,30	+ ($\bar{1}$,424)	78.29.58,5	— (0,755)
27.	7.31.18	3.17. 8,38	+ ($\bar{2}$,843)	78.25.31,4	— (0,733)
28.	7.57.42	3.17.40,07	+ ($\bar{1}$,081)	78.20.30,5	— (0,734)

» L'étoile de comparaison est la même pour chacune des trois observations.

Position moyenne de l'étoile de comparaison pour 1876,0.

Nom de l'étoile.	Grand^r.	Asc. droite.	Réduction au jour.	Dist. polaire.	Réduction au jour.
		h m s		° ′ ″	
244 Weisse. H. III.	9	3.14.55,55	+0,53+0,52+0,51	78.20.39,8	−7,0 −6,9 −6,9

GÉOMÉTRIE. — *Note sur les courbes gauches du quatrième ordre;* par M. P. Serret.

« 1. Le premier des problèmes généraux que l'on rencontre dans la théorie des courbes gauches du quatrième ordre a pour objet la détermination graphique des quatre traces de la courbe sur un plan quelconque, ou celle de ses dernières traces sur un plan particulier conduit par n des huit points qui la déterminent ($n = 1, = 2, = 3$).

» Le seul emploi de la propriété fondamentale des *neuf* points d'une biquadratique gauche, contenue dans l'identité tangentielle

$$\text{(I)} \qquad \Sigma_1^9 \lambda_i P_1^2 \equiv 0,$$

permet d'ailleurs de résoudre directement et uniformément les quatre cas du problème, en particulier les trois derniers ($n = 2, = 3, = 0$), sans y faire intervenir, comme je l'avais fait d'abord pour le quatrième cas, aucune surface auxiliaire du second degré (*). Les points que l'on cherche sont alors fournis régulièrement, soit par les points d'intersection de deux coniques déterminées, définies l'une et l'autre par cinq couples de points conjugués; soit par les derniers points de rencontre de deux coniques auxquelles leur définition assigne m points communs, et qui sont, en outre, respectivement déterminées par la donnée complémentaire de n couples de points conjugués ($m + n = 5$). On a ainsi la solution normale et régulière du problème, fondée sur les mêmes principes que j'ai fait con-

(*) *Géométrie de direction*, Gauthier-Villars; 1869.

naître depuis longtemps, mais dégagée de ce nombre surabondant de coniques, que j'y employais dans l'un des cas, et qui marquait un défaut d'exécution.

» 2. Lemme. — *Un pentagone gauche* 12345 *et un quadrangle plan* $\dot{x}\dot{y}\dot{z}\dot{t}$, *inscrits l'un et l'autre à une même courbe gauche du quatrième ordre sont toujours* conjugués *à une même conique* (*loc. cit.*, p. 371).

» Rappelons qu'un quadrangle $xyzt$ est dit conjugué à une conique, lorsque le pôle de chacun de ses côtés, par rapport à la courbe, tombe sur le côté opposé, et qu'une conique conjuguée au pentagone gauche 12345 est aussi conjuguée au pentagone plan 12345 ayant pour sommets successifs les traces des côtés successifs de celui-là sur le plan de la courbe; en sorte que chacun des sommets de ce nouveau pentagone représente le pôle du côté opposé, par rapport à la conique conjuguée, laquelle est déterminée entièrement en même temps que l'un ou l'autre de ces pentagones.

» Le lemme actuel n'est d'ailleurs que la traduction, en langage ordinaire, de l'identité générale (I); il fournit immédiatement la construction du premier cas du problème, et nous allons montrer comment on l'applique aux trois autres cas.

» 3. Problème. — *Étant donnés huit points* 1, 2, 3, 4, 5, 6; x, y *d'une courbe gauche du quatrième ordre, déterminer les deux dernières traces* z *et* t *de la courbe sur un plan* H, *conduit à volonté par deux de ces points* x *et* y. Considérons, dans le plan H, les deux coniques déterminées S_1, S_2, conjuguées respectivement aux pentagones gauches 12345, 23456, ou aux pentagones plans dérivés de ceux-là. Le quadrangle formé dans le plan H des deux points donnés x, y et des deux z et t que l'on cherche sera conjugué, d'après le lemme, à chacune des courbes S_1, S_2; et c'est d'après cette double condition que l'on doit le déterminer complétement.

» Observons, à cet effet, que, si l'on conçoit les deux courbes S_1 et S_2 rapportées aux sommets x, y, z, t du quadrangle conjugué qui leur est commun, leurs équations tangentielles seront l'une et l'autre de la forme

$$\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2 + \dot{t}^2 = 0; \tag{o}$$

en désignant par $\dot{x}^2$ un multiple quelconque du carré x^2 (*loc. cit.*, p. 287).

» D'une autre part, si l'on rapporte *effectivement* ces deux courbes, qui sont entièrement connues, aux sommets de deux quadrangles, respectivement circonscrits à l'une ou à l'autre, et ayant d'ailleurs deux sommets opposés communs α, α', leurs équations tangentielles respectives peuvent

s'écrire, séparément cette fois,

(1) $$\alpha.\alpha' + \beta.\beta' = 0,$$

(2) $$\alpha.\alpha' + \gamma.\gamma' = 0.$$

Si l'on compare actuellement les formes équivalentes (0) et (1), (0) et (2), les identités tangentielles résultantes

(1') $$\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2 + \dot{t}^2 + \alpha\alpha' + \beta\beta' \equiv 0,$$

(2') $$\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2 + \dot{t}^2 + \alpha\alpha' + \gamma\gamma' \equiv 0,$$

comparées entre elles, entraînent, comme je l'ai montré, l'existence d'une première conique Σ circonscrite au quadrangle $xyzt$ et conjuguée aux trois couples de points connus α, α'; β, β'; γ, γ'.

» Or, cette première conique est entièrement déterminée par le point x, le point y et les trois couples de points conjugués α, α'; β, β'; γ, γ'; et elle contient les deux points z et t que l'on cherche.

» Il ne reste donc plus qu'à substituer aux points α, α', que l'on avait pris à volonté extérieurement à chacune des courbes S_1, S_2, deux autres points α_1, α'_1 choisis de même, et l'on obtiendra ainsi une nouvelle conique déterminée Σ' passant, comme la première, par les points donnés x, y, et contenant aussi les deux points z et t que l'on cherche. Donc, etc. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur le principe de correspondance, et le moyen qu'il offre de lever quelques difficultés dans les solutions analytiques.* Note de M. SALTEL (*).

« Dans nos deux premières Communications, nous avons montré comment le principe de correspondance analytique lève un certain nombre de difficultés et impossibilités présentées jusque-là par les solutions analytiques. Ces solutions offrent encore d'autres difficultés et impossibilités que M. Chasles a signalées dans les *Comptes rendus* du 9 août. Nous nous proposons, dans cette troisième Communication, de faire voir que non-seulement notre méthode analytique est encore exempte de ces nouveaux reproches, mais qu'elle indique comment on pourrait déterminer *a priori* les équations des courbes étrangères qui sont cause des difficultés en question.

» Rappelons d'abord le passage de M. Chasles :

» Les questions où entrent des conditions de grandeur de segments rectilignes, traitées

(*) Cette Note est le contenu d'un pli cacheté, adressé à l'Académie le 17 janvier 1876, et ouvert dans la séance de ce jour sur la demande de l'auteur.

jusqu'ici dans la théorie des courbes, sont extrêmement rares, même à l'égard des courbes les plus simples, les sections coniques; c'est que, indépendamment des difficultés de calcul qu'y trouvent les méthodes analytiques, leur solution implique en général la connaissance de l'*ordre* et de la *classe* des courbes, et est donc inaccessible à ces méthodes. »

» Cela dit, nous allons développer notre méthode sur le premier exemple traité par M. Chasles, dans sa Communication du 29 novembre.

» PROBLÈME. — *Trouver l'ordre du lieu des points d'où l'on abaisse sur une courbe* U_m, *possédant un point* P *multiple d'ordre* p, *des normales de même grandeur* Q (*).

» Si l'on prend pour origine le point P, et si l'on désigne par

$$f(x, y) = 0, \quad (a, b),$$

l'équation de U_m et les coordonnées d'un point de cette courbe, les équations et les séries des points qui définissent le lieu seront évidemment

$$(1) \qquad x\frac{d\rho}{db} - y\frac{d\rho}{da} - a\frac{d\rho}{db} + b\frac{d\rho}{da} = 0,$$

$$(2) \qquad f(a, b) = 0,$$

$$(3) \qquad (x-a)^2 + (y-b)^2 = Q^2,$$

$$(4) \qquad \rho_1\left(p\frac{d\rho}{db} - q\frac{d\rho}{da}\right) - a\frac{d\rho}{db} + b\frac{d\rho}{da} = 0,$$

$$(5) \qquad f(a, b) = 0,$$

$$(6) \qquad \rho_2^2(p^2+q^2) - 2(pa+qa)\rho_2 + a^2 + b^2 - Q^2 = 0.$$

» Rappelons qu'il y a nécessairement une certaine relation $+(\rho_1, \rho_2) = 0$ entre ρ_1 et ρ_2, et que c'est le degré de cette relation, lorsqu'on y fait $\rho_1 = \rho_2$, qui donne le degré du lieu.

» Cela posé, si l'on donne à ρ_1 une valeur particulière, il en résulte, à cause des équations (4) et (5), m^2 valeurs de (a, b); mais, puisque le point P est pris pour origine, il y a parmi ces valeurs $p(p-1)$ d'entre elles qui sont nulles et auxquelles correspondent, d'après l'équation (3), $2p(p-1)$ valeurs de ρ_2, déterminées par l'équation $[\rho_2^2(p^2+q^2) - Q^2]^{p(p-1)} = 0$. On peut donc dire que, parmi les $2m^2$ valeurs correspondant à une valeur particulière de ρ_1, il y en a $2m^2 - 2p(p-1)$ qui dépendent de cette valeur

(*) L'énoncé du *théorème* de M. Chasles, t. LXXXI, p. 994, est : « Le lieu des points d'où l'on abaisse sur une courbe U^n des normales de même longueur est une courbe de l'ordre $2m+2n$. »

La condition de posséder un point P multiple d'ordre p n'y est pas supposée. (J. BERTRAND.)

particulière et $2p(p-1)$ qui en sont indépendantes; donc la fonction ψ est nécessairement de la forme

$$\psi(\rho_1, \rho_2) = \varphi(\rho_1, \rho_2) \times [\rho_2^2(p^2+q^2) - Q^2]^{p(p-1)} = 0,$$

ce qui montre que l'équation de la courbe doit contenir nécessairement comme facteurs $p(p-1)$ fois l'équation du cercle que l'on obtient en remplaçant, dans l'équation $\rho_2^2(p^2+q^2) - Q^2 = 0$, la valeur de ρ_2^2 par $\frac{x^2+y^2}{p^2+q^2}$. (Il est très-facile de se rendre compte géométriquement de cette solution étrangère.)

» Cela posé, cherchons le degré total de $\psi(\rho_1, \rho_2) = 0$, lorsqu'on y fait $\rho_1 = \rho_2$, c'est-à-dire les valeurs nulles et non nulles, mais finies, de ρ'_2 et ρ'_1. Si l'on suppose que $f'(a', b')$ représente l'ensemble des termes du degré m dans la fonction $f(a', b')$, on trouve que ces valeurs sont respectivement déterminées par les relations

$$(7)\qquad p\frac{d\rho'}{db'} - q\frac{d\rho'}{da'} - a'\frac{d\rho'}{db'} + b'\frac{d\rho'}{da'} = 0,$$

$$(8)\qquad f(a', b') = 0,$$

$$(9)\qquad \rho_2'^2(p^2+q^2) - 2(pa'+qb')\rho'_2 + a'^2 + b'^2 = 0,$$

$$(10)\qquad \rho'_1\left(p\frac{d\rho'}{db'} - q\frac{d\rho'}{da'}\right) - a'\frac{d\rho'}{db'} + b'\frac{d\rho'}{da'} = 0,$$

$$(11)\qquad f(a', b') = 0,$$

$$(12)\qquad (p^2+q^2) - 2(pa'+qa') + a'^2 + b'^2 = 0.$$

» Les équations (7) et (8) donnent m^2 valeurs de (a, b), dont $m(m-1)$ sont nulles; donc, à cause de l'équation (9), on a $2m^2 - 2m(m-1) = 2m$ valeurs finies de ρ'_2 et $2m(m-1)$ valeurs nulles. On trouve de même $2m$ valeurs finies de ρ'_1 et aucune valeur nulle; donc, conformément au principe de correspondance analytique, le nombre cherché est $2m+2m(m-1)$. Si de ce nombre on retranche $2p(p-1)$, il restera, pour le véritable degré du lieu, $2m + 2m(m-1) - 2p(p-1)$, ce qui donne $2m + 2n$, en désignant par n la classe de la courbe.

» *Nota.* — La méthode est évidemment générale et s'applique quel que soit le nombre des points multiples. »

TOPOGRAPHIE. — *Sur les cartes topographiques;* par M. **H. Hermite.**

« La méthode qui fait l'objet de cette Note consiste sommairement : 1° à n'employer les courbes horizontales équidistantes que pour exprimer

les terrains dont la pente ne dépasse pas 14 degrés; 2° à représenter les contrées accidentées par leurs lignes de faîte, leurs crêtes, leurs thalwegs et par une ligne nouvelle que nous appelons *ligne de raccordement;* 3° à estimer les altitudes par des points équidistants de niveau accompagnant les lignes précédentes; 4° à produire l'illusion du relief par des hachures extrêmement fines.

» Notre but est de diminuer l'étendue des cartes tout en exprimant fidèlement le plus de détails possible.

» Dans la méthode proposée, nous ne faisons usage des lignes de niveau que pour exprimer les plaines, les plateaux, et en général les surfaces dont la pente ne dépasse pas 14 degrés, parce que ces horizontales peuvent s'y développer sans coudes brusques et que leur espacement est plus grand. « La limite de 14 degrés de pente satisfait bien aux exigences du » travail graphique; c'est celle qu'avait adoptée le général Haxo pour ses » deux séries de hachures : elle correspond presque exactement, dans la » nature, aux pentes maxima des terrains marneux et argileux qui sont si » nombreux. Enfin, elle représente la limite extrême des pentes sur les» quelles l'infanterie peut encore se mouvoir en ordre, la cavalerie charger » en montant, l'artillerie manœuvrer. » (*Mémorial de l'Officier du Génie*, n° 14, p. 138.)

» A partir de cette pente limite, les crêtes, les thalwegs apparaissent plus nettement accusés, par suite de l'augmentation de l'action érosive des eaux. Ces lignes deviennent alors caractéristiques des accidents du sol, qu'elles encadrent en quelque sorte et qu'elles expriment avec le moins de traits possible.

» Le rôle considérable de ces lignes dans l'économie des contrées a été mis en lumière dans l'ouvrage de M. A. Burat, *Géologie de la France.* Nous ne pouvons mieux faire que d'appeler l'attention sur le Chapitre de cet Ouvrage intitulé : *Les lignes de faîte et les thalwegs.*

» On pourrait craindre, au premier abord, que la pente de nos lignes caractéristiques soit trop grande, en général, pour se prêter à l'estimation des altitudes au moyen d'un système de points. Dans la réalité, ces pentes sont beaucoup plus faibles que celles de notre pente limite de 14 degrés, car M. Smel, dans sa classification des torrents des Alpes, est arrivé à cette conclusion, que la pente du canal d'écoulement des torrents ne dépasse pas en moyenne $0^m,06$. Une ligne idéale, menée de Genève au sommet du mont Blanc, présente la même pente de $0^m,06$. Les versants

les plus rapides que l'on puisse observer en Europe ont une pente moyenne qui ne dépasse pas 10 centimètres par mètre.

» Mais, avant de donner les détails indispensables sur le mode d'estimation des altitudes par un système de points, nous devons faire mention d'une ligne qui, avec celles des crêtes et des thalwegs, est nécessaire pour l'expression des contrées accidentées. Cette ligne, que nous avons désignée sous le nom de *ligne de raccordement*, est déterminée par la rencontre de deux pentes dans le même sens et dont l'inclinaison est très-différente.

» Cette nouvelle ligne caractéristique exprimera en particulier le raccordement des versants des vallées avec les plateaux, ainsi que la rencontre des rochers à pic avec le sommet des talus d'éboulement. Elle correspond, dans l'économie de la nature, au passage de roches de consistances différentes. Elle correspond aussi à ces temps d'arrêt dans les oscillations de la croûte terrestre dont M. Bravais a suivi et mesuré les traces sur les rochers du Spitzberg, et qu'il a désignées sous le nom de *lignes d'anciens rivages*. La considération de cette ligne n'est pas moins importante pour l'expression des failles et des mouvements secondaires du sol.

» Afin d'éviter toute confusion sur les cartes, il sera nécessaire d'adopter, pour les lignes dont la définition et les fonctions sont si tranchées, des traits de différentes grosseurs obtenus avec des outils bien calibrés. L'ensemble de leur tracé ne peut manquer de produire une sorte de dessin au trait faisant ressortir la physionomie propre à chaque montagne. Les ombres qu'on ajoutera pour rendre encore plus saillante l'illusion du relief devront être obtenues par des traits extrêmement fins qui n'empêchent pas la lecture des lignes et dès points qui les accompagnent.

» L'estimation des altitudes par des points équidistants de niveau présente à l'application quelques difficultés. Les lignes de faîte, les crêtes, les routes et même les lignes de raccordement offrent de fréquentes alternances de pente, de contre-pente et de parties horizontales qu'on pourra exprimer en plaçant les points d'un même côté de ces lignes pour les pentes, et du côté opposé pour les contre-pentes ; quant aux parties horizontales, elles seront naturellement exprimées par l'absence de points. Les thalwegs ayant leur pente toujours dans le même sens, il sera bon de placer les points sur le milieu même du trait.

» On augmentera beaucoup la rapidité de la lecture des points en leur affectant une forme différente de 10 en 10, de 100 en 100.... On devra

compter les points à partir de la jonction des lignes caractéristiques avec les courbes de niveau, ou à partir de points d'une forme particulière, dont la cote sera indiquée dans une légende jointe à la carte.

» Pour exprimer un versant couronné de rochers à pic, deux lignes de raccordement seront nécessaires : l'une pour exprimer le sommet des rochers, et l'autre leur pied. S'il s'agit d'exprimer ces crevasses profondes et abruptes qui déchirent certains plateaux, on emploiera trois lignes de raccordement : l'une, celle du milieu, indique le thalweg ; les deux autres exprimeront les raccordements avec les plateaux. Ces lignes accompagnées de leurs points donneront une expression vraie et complète de ces accidents du sol, qu'il est impossible de figurer dans la méthode des courbes de niveau.

» Nous avons été conduit à proposer ces modifications, parce que, dans les cartes de l'État-major au $\frac{1}{8000}$, les courbes de niveau n'indiquent plus en pays accidenté que les formes générales. En effet, les pentes de 33 à 35 degrés, pour être exprimées avec l'équidistance adoptée de $\frac{1}{10}$, exigeraient le tracé de six à sept courbes par millimètre ; or ces pentes sont celles des talus d'équilibre stable de l'éboulement de la plupart des roches (*Bulletin de la Société géologique de France*, novembre 1842) ; elles se rencontrent non-seulement en pays de montagnes, mais sur le versant de la plupart de nos vallées ; là, comme dans les montagnes, elles sont souvent couronnées de rochers à pic.

» L'inspection du terrain, les cartes à la main, ne confirme que trop ces considérations : nous avons vu les Allemands, en 1872, utiliser, lors de leurs grandes manœuvres, plusieurs omissions de vallons sur nos cartes, pour aborder le vaste plateau des Saizerais à la poursuite simulée de notre armée, battant en retraite en défendant notre sol dans des positions favorables. »

CHIMIE. — *Sur la congélation du mercure par l'emploi du mélange de neige et d'acide chlorhydrique.* Note de M. G. **Witz**.

« Le mélange frigorifique indiqué par MM. Isid. Pierre et Ed. Puchot (1) m'a servi récemment pour obtenir, avec une grande facilité, la production économique de très-basses températures. J'ai apporté, dès les

(1) *Comptes rendus*, 3 janvier 1876, p. 48 de ce volume.

premiers essais, de notables modifications aux expériences relatées comme donnant une température finale de — 32°, ou même — 35°, avec la précaution de refroidir préalablement l'acide jusqu'à — 15° à — 16°.

» Ainsi, le mélange *à parties égales* de neige et d'acide chlorhydrique du commerce est, suivant moi, celui qui produit les effets les plus énergiques, et il est particulièrement préférable au mélange de 2 parties de neige avec 1 partie d'acide.

» Voici d'ailleurs, comme base, les chiffres d'une expérience qui a été répétée à plusieurs reprises :

» 250 grammes de neige fine et aussi spongieuse que possible, c'est-à-dire non massée, prise à la température de zéro, étant ajoutés d'un seul coup à 250 grammes d'acide chlorhydrique du commerce marquant 22°,2 à l'aréomètre de Baumé (densité, 1,1823), à la température de — 1°, on obtient, en remuant, en moins d'une minute, une solution presque complète, ne fumant plus à l'air, et ayant une température de — 37°,5. Cette température se conserve longtemps, si l'on a le soin d'opérer dans une capsule entourée d'un second vase et de coton formant bain d'air. En faisant varier le poids de la neige, de $\frac{1}{10}$ en plus ou de $\frac{1}{10}$ en moins, le thermomètre marque, dans l'un et l'autre cas, 2 à 3 degrés de moins.

» J'ai essayé comparativement d'employer de l'acide chlorhydrique dilué de $\frac{1}{6}$, l'acide sursaturé de gaz ne présentant pas d'avantages sensibles sur l'acide ordinaire; mais le résultat a été moins bon.

» J'ai cherché à faire un semblable mélange frigorifique en employant l'acide commercial refroidi préalablement à — 18°, et j'ai obtenu ainsi très-promptement la congélation du mercure. Cette congélation, jusqu'ici assez difficile et onéreuse à effectuer, pourra être réalisée avec la neige sur une grande échelle et sans aucun frais, puisque l'acide chlorhydrique étendu d'eau conserve toute sa valeur pour les applications industrielles. »

M. **Regnault** fait observer, à cette occasion, que, depuis bien longtemps, il a fait employer, dans son laboratoire, les mélanges de neige et d'acide chlorhydrique comme mélanges réfrigérants. On atteint facilement ainsi le point de congélation du mercure.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur le noir d'aniline électrolytique*. Note de M. **Fr. Goppelsrœder**, présentée par M. Würtz.

« 1° Quand le courant galvanique, faible ou fort, passe par une solution aqueuse, froide ou chaude, étendue ou concentrée, neutre ou acide, des chlorhydrate, sulfate ou azotate d'aniline, il se forme, dans un temps plus ou moins court, au pôle positif, un dépôt vert, qui passe par le violet, bleu violet, jusqu'au bleu indigo foncé. Les tartrate, oxalate et acétate d'aniline ne donnent qu'un dépôt brun, accompagné de peu de vert.

» Si l'on change les pôles, il y a décoloration au pôle qui était précédemment pôle positif, et les mêmes colorations se reproduisent au pôle qui était le pôle négatif.

» La réaction est très-sensible, car 1 milligramme de chlorhydrate d'aniline, dissous dans 60 centimètres cubes d'eau, a donné, après quelques heures, une coloration verte au platine positif. Avec une solution de 1 milligramme du même sel dans 30 centimètres cubes d'eau on obtient non-seulement la réaction verte, mais aussi la réaction bleue et violette. Avec $2^{mgr},5$ de chlorhydrate d'aniline dans 30 centimètres cubes de liquide, il y avait, au bout de deux heures, coloration bleu violet et en partie vert grisâtre; une heure après, coloration brun jaunâtre du liquide, et plus tard réaction vert très-sensible.

» Le liquide dans lequel plonge l'électrode positive a des couleurs bien différentes, tantôt jaune, orangé rouge ou violet. Quand le sel d'aniline est complétement décomposé, le liquide est incolore.

» Le coton, le papier à filtrer, la laine ou la soie, qui sont employés pour conduire le courant d'un vase à l'autre, sont recouverts du même colorant que l'électrode et sont même teints en brun saumon, vert, gris ou rouge, ce qui provient de ce que le liquide contient différentes matières colorantes, qui se séparent par la capillarité des fibres. Au lieu de ces conducteurs, on peut aussi employer de l'amiante.

» 2° L'électrode négative n'est jamais recouverte que d'un léger voile noir, et il ne se produit tout au plus qu'un léger dépôt brun jaunâtre au fond du vase. Le liquide à ce pôle est coloré en brun jaune ou rougeâtre. Les conducteurs sont teints en couleurs analogues.

» 3° Le dépôt vert, qu'on obtient en premier lieu au pôle positif, est un corps inaltérable, quand il est sec, par l'ozone, mais il devient vert bleu et

puis bleu dans le gaz ammoniac; après l'évaporation de l'ammoniaque, il est de nouveau vert. Le dépôt vert du pôle positif s'altère à l'état humide par l'ozone, devient bleu violâtre foncé en chauffant avec une solution de bichromate de potassium, pour redevenir vert par un acide fort. Quant au dépôt bleu indigo foncé, c'est un mélange de différents colorants, parmi lesquels est d'abord le noir d'aniline, dont les autres peuvent être séparés par les dissolvants ordinaires, ainsi que l'eau, l'alcool, l'éther, la benzine, les acides et les alcalis étendus. La qualité et la quantité de ces colorants, qui accompagnent le noir, dépendent de la nature et de la concentration de la liqueur, de la force de la pile, de la température et d'autres circonstances accessoires.

» Le dépôt au pôle positif, après sa purification, est un beau noir cristallin à l'éclat métallique, non sublimable, insoluble dans l'eau, dans les alcools, dans la benzine et ses homologues, inaltérable par les acides faibles, même à l'ébullition, mais verdissant par l'ébullition avec de l'acide acétique concentré, résistant à l'action de corps réducteurs et oxydants, inaltérable à l'état sec et humide par l'ozone, inaltérable par l'oxygène et l'hydrogène électrolytiques, inaltérable par l'hydrogène se dégageant de l'acide sulfurique étendu par le zinc, inaltérable par l'eau de chlore. Il est insoluble dans la dissolution des alcalis, mais il se modifie en partie, car l'alcool peut maintenant en extraire une matière colorante bleue, qui, par l'ammoniaque, devient verte et, par les acides, jaune.

» Le noir électrolytique chauffé sous pression avec l'alcool le colore en violet foncé, qui, par des alcalis, devient plus beau, inaltérable par les acides étendus. Le noir électrolytique se dissout dans l'acide sulfurique. La dissolution est violette, bleu vert ou brune, suivant que l'acide sulfurique réagit plus ou moins énergiquement sur le noir. Les solutions sulfuriques violettes, bleues et vertes, versées dans l'eau, donnent un précipité vert. Le liquide filtré est ou incolore ou rougeâtre, et, dans ce dernier cas, il contient un corps rouge dont la solution alcoolique additionnée d'ammoniaque est d'un beau rose qui possède une belle fluorescence ressemblant à celle du rose de naphtaline.

» Le précipité vert, obtenu de la dissolution sulfurique du noir versée dans l'eau, est insoluble dans les dissolvants ordinaires, quoique l'on puisse le suspendre dans l'eau si finement qu'il a l'air d'être dissous. Ce vert est soluble dans l'acide sulfurique à chaud avec une couleur d'un violet sale, et il est reprécipité par l'eau. Si on le chauffe longtemps avec l'acide sulfu-

rique, l'eau se colore en rose rouge, et prend après, par l'ammoniaque, une coloration bleuâtre avec fluorescence jaune. Avec de la potasse caustique, il devient bleuâtre, et le liquide filtré est rouge. Par l'ammoniaque, le vert devient violet et même noir, mais l'acide acétique le rend de nouveau vert. Après l'addition d'ammoniaque ou d'alcali fixe, la liqueur aqueuse dans laquelle le vert est en suspension devient d'un bleu intense, mais le colorant se trouve encore simplement suspendu; seulement une partie minime se dissout, car le liquide filtré est faiblement coloré en violet bleuâtre. L'hydrogène naissant le décolore peu à peu.

» Chauffé au rouge dans un tube à combustion avec un mélange de chaux et de soude, le noir électrolytique dégage des vapeurs blanches, qui ont l'odeur de l'aniline et qui brunissent le curcuma; si l'on chauffe plus fort, on obtient de l'ammoniaque. Si la couche de chaux sodée n'est pas assez longue, on obtient en même temps un sublimé violet, qui se dissout dans l'alcool avec une couleur bleu violet par transparence à la lumière du jour, et rouge violet dans la lumière artificielle; ce liquide devient vert par l'acide chlorhydrique et redevient bleu par les alcalis. La présence de l'azote contenu dans le noir électrolytique a été aussi démontrée par la réaction avec le potassium.

» L'examen optique du noir électrolytique a montré qu'il est plus noir que les autres noirs d'aniline auxquels je l'ai comparé.

» J'aurai l'honneur d'adresser à l'Académie, sous peu, les résultats de l'analyse élémentaire que je fais actuellement de ces corps purifiés avec les plus grands soins. Je terminerai, par ces analyses, mes communications sur le noir électrolytique que j'avais l'intention de compléter; mais je veux laisser à M. Coquillion, qui a entretenu l'Académie le premier sur ce sujet, le soin de poursuivre l'étude spéciale de ce noir, que j'avais entre les mains, il y a déjà plus d'un an. Je me réserve cependant de communiquer successivement à l'Académie les résultats que j'ai obtenus en traitant par l'électrolyse les corps les plus divers choisis dans la série aromatique. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le ferment de l'urée.* Note de M. **Musculus**, présentée par M. Boussingault. (Extrait.)

« Dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, t. LXXVIII, janvier 1874), j'ai décrit un papier réactif avec lequel on peut reconnaître l'urée en solution même très-étendue. Je l'avais obtenu en filtrant de l'urine devenue ammoniacale, lavant le filtre à l'eau distillée et le colorant avec

du curcuma. Ce papier contient dans ses pores une petite quantité de ferment, qui peut se conserver ainsi très-longtemps. J'en possède qui, après deux ans, n'a encore rien perdu de son activité. Quand on trempe ce papier dans une solution d'urée et qu'on le met ensuite à l'air, il devient brun au bout de quelques minutes. Ce changement de couleur se produit sous l'influence du ferment qui métamorphose l'urée, corps neutre sans action sur le papier de curcuma, en carbonate d'ammoniaque, corps doué d'une réaction fortement alcaline.

» Toutes les urines ne sont pas aptes à fournir du ferment; il en est même qu'on peut laisser à l'air, en été, pendant plusieurs mois sans qu'elles entrent en fermentation ammoniacale.

» Les urines les plus riches en ferment sont les urines épaisses, filantes et ammoniacales, rendues par des malades atteints de catarrhe de la vessie (1). Ces urines ne peuvent pas être filtrées, car les mucosités forment, au bout de peu de temps, un enduit imperméable qui bouche tous les pores du papier; mais, lorsqu'on y ajoute de l'alcool fort, le mucus se coagule en une masse semblable à la fibrine, que l'on parvient facilement à isoler du liquide. C'est ce mucus qui constitue le véritable ferment. Pour le conserver, on le sèche à une douce température, on le pulvérise et on l'enferme dans un flacon bien bouché.

» Les filtres qu'on a employés pour recueillir le ferment, séchés et teints au curcuma, donnent un excellent papier réactif, beaucoup plus énergique que celui qu'on obtient d'abord par simple filtration de l'urine ammoniacale.

» En examinant ce mucus desséché au microscope, on n'y voit aucune cellule comme celles qui se trouvent dans les dépôts de l'urine, et auxquelles on a attribué la propriété de transformer l'urée en carbonate d'ammoniaque. Il faut donc admettre, suivant l'opinion ancienne, que le mucus de la vessie agit lui-même comme ferment. La meilleure preuve à l'appui de cette manière de voir, c'est la solubilité du ferment dans l'eau.

» Pour mettre cette solubilité en évidence, on délaye dans l'eau une certaine quantité de mucus pulvérisé et l'on jette le tout sur un filtre : il passe d'abord un liquide trouble, mais qui s'éclaircit peu à peu. Quand il est devenu tout à fait limpide, on y introduit de l'urée et l'on chauffe à une température de 35 à 40 degrés. Au bout d'une heure, on peut déjà y con-

(1) Pour être sûr d'obtenir un ferment énergique, il est bon d'employer ces urines avant que les malades aient pris des médicaments, tels que l'acide benzoïque, la térébenthine, etc.

stater une notable quantité de carbonate d'ammoniaque. Après douze heures, la fermentation est complète.

» La matière en dissolution se comporte comme la mucine; elle est précipitée par l'alcool et par l'acide acétique.

» Le nitrate acide de mercure fait naître dans la solution un précipité qui devient rose quand on chauffe. Le chlorure de sodium ne la précipite pas; elle n'est pas coagulée par l'ébullition.

» Le précipité obtenu avec l'alcool, recueilli sur un filtre et séché, se présente comme une masse amorphe, brillante, de couleur brune, soluble dans l'eau et surtout dans l'eau additionnée de chlorure de sodium; c'est un ferment très-énergique. 10 centigrammes, dissous dans 50 centilitres d'eau, transforment complétement 0^{gr},20 d'urée en moins d'une heure, si l'on maintient la liqueur à une température de 35 à 40 degrés.

» Pour arriver au même résultat avec la poudre de mucus qui reste sur le filtre, et qui renferme encore des impuretés, particulièrement des cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien, il faut en employer près du double.

» Le précipité obtenu avec l'acide acétique possède, comme le précédent, toutes les propriétés de la mucine; mais il ne fonctionne plus comme ferment.

» L'action destructive que les acides exercent sur ce ferment est remarquable. Si l'on introduit un peu de ferment dans l'eau contenant $\frac{1}{1000}$ d'acide chlorhydrique, et si, après un contact de dix à quinze minutes, on neutralise avec de la soude, on obtient une liqueur dont l'action sur l'urée est absolument nulle. Cet effet n'est pas dû à la présence du chlorure de sodium; car, dans une solution contenant 20 pour 100 de ce sel, la fermentation marche comme dans l'eau pure.

» D'autres acides, comme les acides sulfurique, tartrique, acétique, salicylique, etc., agissent de la même manière. Il n'en est pas de même de l'acide phénique, qui, il est vrai, n'est pas un acide proprement dit. Cette substance, qui a la propriété de suspendre l'action des ferments organisés, n'a aucune action sur le ferment de l'urée. On peut imprégner le papier-ferment d'acide phénique pur; si on le lave ensuite avec de l'alcool, il n'aura rien perdu de son activité.

» Les alcalis entravent la fermentation par leur présence, mais ne détruisent pas le ferment, s'ils n'ont pas été employés en solution trop concentrée.

» La chaleur détruit le ferment avec la plus grande facilité. Il ne résiste pas à une température de 80 degrés, même s'il est entièrement sec.

» On voit, par ce qui précède, que le ferment de l'urée n'a aucune des propriétés qui caractérisent les ferments organisés. Il a, au contraire, beaucoup de ressemblance avec les ferments solubles, tels que la diastase, la salive et le suc pancréatique. En effet, d'après M. Bouchardat, les acides et les alcalis entravent l'action de la diastase, tandis que des corps, comme l'alcool, l'éther, la créosote, n'ont aucune influence.

» J'ai constaté que les acides n'entravent pas seulement la fermentation de la diastase, mais qu'ils détruisent le ferment. Une solution d'acide chlorhydrique au $\frac{1}{1000}$, par exemple, agit sur la diastase exactement comme sur le ferment de l'urée.

» Le suc pancréatique et la salive sont moins sensibles aux acides; une solution d'acide chlorhydrique au $\frac{1}{1000}$ entrave bien l'action du ferment diastasique du pancréas, mais elle ne le détruit pas; la fermentation recommence après la saturation. Une solution au $\frac{1}{500}$ n'a pas plus d'influence. Ce n'est qu'avec une solution au $\frac{1}{100}$ que l'on parvient à le détruire.

» On pouvait penser que des corps d'une constitution analogue à celle de l'urée, comme l'acétamide, l'oxamide, etc., seraient également transformés par le ferment en sels ammoniacaux; il n'en est rien : ce n'est qu'au bout d'un contact de deux ou trois jours qu'on peut constater la formation d'une petite quantité d'ammoniaque.

» L'acide hippurique, l'acide urique, la créatine, la guanidine, la dicyamidine restent également inaltérés en présence du ferment, au moins pendant quelques jours. Plus tard, ils sont décomposés, probablement par l'effet de la putréfaction, car le ferment lui-même est alors détruit. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les éléments du sucre inverti et leur présence dans les sucres commerciaux;* par M. **E.-J. Maumené.** (Extrait.)

« L'Académie n'a peut-être pas oublié les travaux que j'ai eu l'honneur de lui soumettre, depuis le 8 novembre 1869, pour essayer d'établir la véritable nature du sucre inverti, nature mal connue à cette époque et dont l'étude m'occupe encore aujourd'hui.

» Après avoir montré d'abord que l'opinion admise d'une composition par équivalents égaux de glucose et de chylariose (*lévulose*, nom très-impropre) ne se vérifie jamais, j'ai montré que ces deux corps sont toujours accompagnés d'une proportion plus ou moins grande de produits optiquement neutres et doués, tantôt du pouvoir réducteur ordinaire des liqueurs

de tartrate alcalino-cuivrique, tantôt d'une inactivité complète sur ce même réactif.

» Ces résultats ont soulevé la plus vive opposition : M. Dubrunfaut a d'abord combattu mon opinion par une dénégation formelle, et n'a pas pu éviter l'aveu de la nécessité d'opérer à zéro le traitement du sucre inverti par la chaux, pour obtenir les équivalents égaux du glucose et du chylariose dont ce sucre lui avait paru formé. Personne n'ayant indiqué jusque-là cette condition particulière, il était déjà bien évident que mes expériences m'avaient fait connaître la vérité. Cependant M. Berthelot nia plus fortement encore la présence des produits optiquement neutres, et prétendit que je n'avais pas évité la transformation du glucose en acide glucique, seule cause de la production d'un corps optiquement neutre.

» M. Müntz vient d'adresser à l'Académie un travail dont le résultat montre, avec une clarté presque égale à celle de mes études, que le sucre inverti, séparé du sucre normal dans les produits du commerce, n'offre jamais un pouvoir rotatoire constant. Bien loin de là, ce pouvoir varie de — 0°,6 à — 37°,1, celui du sucre inverti défini par Biot ne dépassant pas — 26 degrés.

» M. Müntz paraît ne pas connaître mes travaux ; je prie l'Académie de me permettre d'en rappeler les principaux résultats. Le même oubli semble devoir être attribué à MM. Girard et Laborde, qui ont adressé en même temps à l'Académie un travail que ces messieurs croient de nature à démontrer la présence d'un sucre réducteur, mais optiquement neutre, dans les sucres de canne, conformément, disent-ils, à une opinion déjà ancienne de M. Dubrunfaut. Il y a de la part de mes deux confrères plus qu'un oubli ; M. A. Girard, à qui j'ai de suite adressé une protestation, m'oppose, comme établissant le droit exclusif de M. Dubrunfaut, un article de la *Sucrerie indigène* du 5 novembre 1869, où on lit la phrase suivante :

« Les glucoses qui se trouvent dans les sucres ou sont optiquement neutres, ou bien ils s'y trouvent en proportions telles que leur rotation propre comme sucre interverti échappe à la mensuration du saccharimètre. »

» A lire cette phrase isolée, on peut croire que M. Dubrunfaut parle d'UN glucose optiquement neutre contenu dans les sucres commerciaux, et qui n'aurait pas encore été signalé. Mais la phrase n'est pas isolée dans l'article de M. Dubrunfaut : elle est précédée d'une explication des plus claires.

» On trouve, en effet, quelques lignes plus haut (dans l'article de M. Du-

brunfaut, au bas de la page 198), la phrase très-catégorique dont voici les termes :

» Nous avons établi ailleurs que ce sucre neutre n'est pas autre chose que du sucre interverti altéré, de manière que *ses éléments à rotations antagonistes* se trouvent à proportions optiques égales, et c'est là le plus souvent, sinon toujours, le cas des glucoses que l'on rencontre soit dans les mélasses, soit dans les sucres du commerce, alors même que ces produits sont issus de la canne.

» Avec cette phrase, *presque immédiatement antérieure*, on ne comprend plus la ténacité dont M. Girard fait preuve en persistant à dire :

» D'un côté M. Dubrunfaut a depuis longtemps émis l'opinion que ce sucre réducteur ne possède, excepté dans les mélasses exotiques, aucun pouvoir rotatoire.

» La pensée de M. Dubrunfaut n'est pas du tout celle que mon honorable confrère lui attribue. Il ne s'agit pas le moins du monde d'UN sucre, d'UN glucose; car M. Dubrunfaut a écrit la phrase (antérieure) qu'on vient de lire pour combattre l'opinion de Mitscherlich qui regardait comme *unique*, c'est-à-dire d'une seule espèce, le sucre neutre qui porte son nom. Ce que pense M. Dubrunfaut, c'est que les glucoses du sucre inverti *altéré* se trouvent, à proportions optiques égales, le plus souvent, sinon toujours dans les sucres, même issus de la canne, et cela ne s'accorde en rien avec l'assertion de MM. A. Girard et Laborde :

» D'un côté, M. Dubrunfaut a depuis longtemps émis l'opinion que ce sucre réducteur ne possède, *excepté dans les mélasses exotiques*, aucun pouvoir rotatoire.

» M. Dubrunfaut affirme que le sucre unique de Fensky (sucre annoncé par Mitscherlich) est double : il est formé de deux glucoses à proportions optiques égales, même dans la canne (et non pas excepté dans les produits exotiques).

« MM. A. Girard et Laborde commettent donc une erreur lorsqu'ils parlent d'un sucre unique pour en attribuer la découverte à M. Dubrunfaut; ce sucre entrevu par Fensky, par Soubeiran, par Jodin, on ne le connaît à l'état isolé que depuis mon travail du 9 mai 1870 (*Comptes rendus*, t. LXX, p. 1023, et *Journal des Fabricants de sucre*, 12 mai 1870). Est-ce ce sucre qui existe dans les produits commerciaux? Est-ce au contraire un simple mélange de *glucoses* dont les pouvoirs optiques se compenseraient, comme l'avait avancé M. Dubrunfaut.

» Dans les conditions ordinaires, la fabrication du sucre ne peut aucunement produire le sucre neutre de M. Dubrunfaut; ce sucre résultant d'une

altération du sucre inverti, sa présence ne peut être que consécutive à l'inversion totale du sucre normal. Ni M. Dubrunfaut ni MM. Girard et Laborde n'ont réfléchi à cette condition, pourtant bien nécessaire et bien évidente.

» Le sucre neutre contenu dans les sucres ne peut être que celui dont j'ai fait la découverte, celui qui résulte d'une altération, non pas du sucre inverti, mais du sucre normal, altération qui fait descendre son pouvoir rotatoire de 100 degrés dans le saccharimètre à zéro seulement, et avant la production d'aucune trace de sucre inverti. Cette altération, c'est l'eau qui la cause, par une action inévitable et d'autant plus prononcée que les évaporations durent plus longtemps et à des températures plus hautes.

» Il existe dans les sucres deux variétés de ce sucre neutre, comme je l'ai déjà dit : l'une réductrice des liqueurs tartro-alcalines de cuivre : c'est celle qui dominait dans les échantillons analysés par MM. Girard et Laborde ; l'autre, aussi dénuée d'action sur le réactif dont il s'agit que sur la lumière polarisée. Cette seconde variété, je l'ai trouvée dans plusieurs sucres commerciaux, et tout récemment je viens d'analyser un sucre où elle existe dans la proportion de près de $\frac{11}{100}$.

» Les analyses de MM. Girard et Laborde offrent des variations dues uniquement à la présence de cette seconde variété quand le sucre normal (1) indiqué par la liqueur de cuivre est en excédant sur celui du saccharimètre. Ce sucre optiquement neutre est laissé comme le sucre normal par la liqueur de cuivre ; mais, après l'inversion qu'il éprouve comme le sucre normal, il est indiqué par cette liqueur et titré comme sucre normal.

» Rien n'est plus compliqué que l'inversion du sucre normal : les produits sont beaucoup plus nombreux qu'on ne l'avait d'abord supposé ; outre le glucose et le chylariose, il existe avant tout du sucre neutre, et ce sucre offre au moins deux variétés. Ces quatre corps sont-ils stables ? On ne peut pas le dire d'un seul d'entre eux, si ce n'est peut-être du glucose. Encore n'a-t-on pas étudié l'action de l'eau sur ce corps, et je songe à combler cette lacune par des expériences déjà nombreuses. J'espère, d'après les premiers résultats, pouvoir intéresser l'Académie et les fabricants. Je demande la permission de prendre date pour cette étude, que je désire achever avec tout le développement qu'elle comporte. »

---

(1) Ces messieurs disent *saccharose*, nom des plus impropres, la terminaison *ose* devant être réservée aux sucres du genre glucose.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la digestion chez les Insectes ; remarques à propos d'un travail récent de M.* Jousset ; par M. F. Plateau.

« Dans une Note récente, publiée par M. Jousset, Note insérée dans les *Comptes rendus* (1) et portant pour titre : « Recherches sur les fonctions » des glandes de l'appareil digestif des Insectes », je trouve un certain nombre de résultats que l'auteur considère comme nouveaux, mais auxquels j'étais arrivé moi-même, il y a un an, dans mes *Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les Insectes* (2) ».

» Je demande l'autorisation de reproduire ici quelques-uns des passages du résumé qui termine mon travail, en faisant remarquer que mes résultats reposent sur des expériences auxquelles ont été soumis des types nombreux, larves et insectes parfaits, et non une espèce unique, comme c'est le cas pour le travail de M. Jousset.

... « Lorsque les glandes salivaires des Insectes ne sont point détournées de leur rôle primitif pour devenir des glandes séricigènes, des glandes à venin, etc., elles sécrètent un liquide neutre ou alcalin, possédant, au moins pour l'une des paires de glandes, la propriété caractéristique de la salive des Vertébrés, de transformer rapidement les aliments féculents en glucose soluble et assimilable. » (Résultat obtenu également par M. Jousset.)

« Chez les espèces où les glandes salivaires font défaut, elles sont presque toujours remplacées par un revêtement épithélial de l'œsophage, ou de l'œsophage et du jabot, sécrétant un liquide qui peut avoir des propriétés salivaires (hydrophiliens). »

« Dans un grand nombre de cas (Insectes carnassiers, orthoptères), l'œsophage se dilate en un jabot, terminé par un appareil valvulaire étroit. Les aliments, plus ou moins divisés par les pièces buccales, s'accumulent dans ce jabot qui est très-dilatable, y sont imprégnés par des liquides particuliers, neutres ou alcalins, et y subissent une action digestive évidente, ayant pour résultat, chez les Insectes carnassiers, la transformation des matières albuminoïdes en substances solubles et assimilables, analogues aux peptones (M. Jousset conclut aussi à la transformation des albuminoïdes en peptones ; seulement, en opérant sur la Blatte et non sur les Coléoptères carnassiers, il a vu, ce qui, je n'en doute pas, est très-exact, le phénomène se passer un peu plus loin, dans le tube digestif), et, chez les Insectes

(1) 3 janvier, p. 97 de ce volume.

(2) In-4°, 124 pages et 3 planches. Ce Mémoire a été publié à la fin de 1874, dans le t. XLI des *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et Beaux-Arts* de Belgique, et distribué en avril et mai 1875. Il a reçu toute la publicité désirable, car il en a été donné des extraits dans la *Revue scientifique*, de M. Aglave; *Les Mondes*, de M. Moigno; *La Nature*, de M. Tissandier, *The Annals of natural History* de Londres; les *Archives des Sciences physiques et naturelles* de Genève, etc.

qui se nourrissent de matières végétales, une production abondante de sucre, aux dépens de la fécule... » (Observé également par M. Jousset chez la Blatte.)

... « Lorsque la digestion dans le jabot a pris fin, les matières soumises à une pression énergique de la part des parois de cet organe, qui exécutent des contractions péristaltiques, glissent ou filtrent, petit à petit, au travers de l'appareil valvulaire (gésier des auteurs), dirigées par les sillons et les saillies chitineuses de celui-ci.

» L'appareil valvulaire n'est point un organe triturateur auxiliaire des pièces buccales; car, chez les Coléoptères carnassiers et locustiens, où il affecte une forme classique, les matières animales ou végétales qui l'ont traversé se retrouvent, après le passage, en parcelles de même forme et de même grandeur qu'avant l'opération...

» Les Orthoptères possèdent, à l'origine de l'intestin moyen, des poches latérales plus ou moins nombreuses, véritables glandes à large surface; elles sont munies d'un revêtement épithélial sécrétoire produisant un liquide légèrement alcalin, jouant probablement un rôle dans l'acte digestif. » (La divergence qui existe ici entre M. Jousset et moi tient à ce qu'il n'a opéré que sur la Blatte, et que mes observations les plus suivies ont porté, au contraire, parmi les Orthoptères, sur les Acridiens et Locustiens. J'ai, du reste (p. 70 et 71 de mon Mémoire), montré dans quelles conditions, réalisables à volonté, les liquides digestifs de la Blatte orientale sont acides ou rentrent dans la règle générale que j'ai constatée chez les Insectes. Si M. Jousset avait étendu ses travaux à l'ensemble des Insectes, ses conclusions sur ce point seraient bien différentes).

« Dans l'intestin moyen, les matières alimentaires qui ont résisté à l'action du jabot ou qui ont pénétré directement dans cet intestin, chez les Insectes où le jabot et l'appareil valvulaire manquent, sont soumises à l'action d'un liquide alcalin ou neutre, jamais acide, sécrété soit par des glandes locales spéciales, comme chez les Orthoptères, soit par une multitude de petits cœcums glandulaires, comme chez beaucoup de Coléoptères, soit par une simple couche épithéliale. Il n'a aucune analogie avec le suc gastrique des Vertébrés; sa fonction est différente, suivant le groupe auquel l'Insecte appartient; chez les Coléoptères carnassiers, il émulsionne activement les graisses. (L'*émulsion des graisses* a été constatée de nouveau par M. Jousset.) Chez les Coléoptères hydrophiliens il continue la transformation de la fécule en glucose, commencée dans l'œsophage; chez les Scarabéiens, il produit aussi la glucose, mais cette action est locale, elle se passe dans l'intestin moyen et pas ailleurs; chez les chenilles de Lépidoptères, il détermine une production de glucose, et, de plus, émulsionne les graisses; enfin, chez les Orthoptères herbivores, il ne semble plus y avoir formation de sucre dans l'intestin moyen : ce corps serait produit et absorbé en totalité dès le jabot. » (M. Jousset admet également, après moi, l'absorption du sucre dans le jabot même.)

« L'intestin moyen se vide en général lentement, et d'une manière continue, dans l'intestin terminal, dont la première portion, ordinairement grêle et longue, est très-probablement le siége d'une absorption active. Le revêtement épithélial, chez certaines espèces, semble cependant indiquer qu'il peut s'y passer aussi des phénomènes digestifs secondaires.

» La seconde portion plus large de l'intestin terminal ne joue que le rôle de réservoir stercoral; elle est accompagnée, par exemple chez les Coléoptères dytiscides, les Nèpes, les Ranatres, d'un cœcum volumineux; ce dernier n'est pas une vessie natatoire, ainsi qu'on

l'a dit plusieurs fois : vide ou plein de liquides, il ne renferme jamais de gaz. Le produit liquide sécrété par les tubes de Malpighi vient s'y accumuler, et, dans certaines circonstances, y dépose des calculs qui peuvent être très-volumineux. Ces calculs sont oxaliques, uratiques ou phosphatiques. . . . .

» . . . . . Au tube digestif des Insectes sont annexées des glandes tubuleuses en forme de longs cœcums, les tubes de Malpighi; ce sont des organes exclusivement dépurateurs et urinaires, débarrassant le corps des produits d'usure des éléments organiques. Le liquide qu'ils sécrètent renferme de l'urée (douteux), de l'acide urique et des urates abondants, de l'acide hippurique (douteux), du chlorure de sodium, des phosphates, du carbonate de calcium, de l'oxalate de calcium en quantité, de la leucine, des matières colorantes. » (M. Jousset, en concluant au caractère purement urinaire et éliminateur des tubes de Malpighi, ne fait que répéter ce que j'ai longuement démontré dans mon Mémoire par une foule de moyens. J'ajouterai cependant qu'il apporte une confirmation de plus par le résultat négatif de ses essais sur les matières amylacées, les albuminoïdes et les graisses.)

» J'ose espérer que la lecture de ces quelques pages, et surtout celle de mon Mémoire original, ne laisseront aucun doute sur la priorité que je revendique ici. Le travail de M. Jousset, effectué dans le laboratoire de Physiologie générale du Muséum, et, par conséquent, dans d'excellentes conditions, devient ainsi, sauf en quelques points que je me propose de vérifier et sur lesquels il nous serait probablement facile de nous mettre d'accord, une confirmation remarquable de mes travaux. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Note sur la méthode à employer pour l'essai des conditions de conductibilité des paratonnerres.* Note de M. **R.-Fr. Michel**, présentée par M. du Moncel.

« La condition essentielle pour le bon fonctionnement d'un paratonnerre réside dans le parfait état des pièces qui le composent (colliers, assemblages, boulonnages, soudures), et surtout dans la bonne disposition de la communication des conducteurs avec la terre. Il est donc indispensable que, après l'installation d'un paratonnerre, l'état de la conductibilité soit constaté d'une manière certaine; tel a été l'avis de la Commission nommée par la ville de Paris pour l'étude des meilleures conditions d'installation des paratonnerres municipaux. . . . . . .

» Jusqu'à présent, on s'est contenté pour cela d'un simple galvanomètre, et P. Wagner, de Francfort, semble être le premier qui s'en soit occupé sérieusement. Mais la vérification de l'état du circuit d'un paratonnerre n'est pas aussi simple que semblent le croire certaines personnes; car, outre les conditions de bonne continuité métallique, qui doivent exister entre toutes les pièces différentes qui le composent, il y a lieu de rechercher (et c'est même là le point le plus important) les conditions de résistance

que le sol oppose à la transmission électrique. Or la constatation de cette résistance est assez délicate, en raison des courants telluriques et des effets de polarisation qui se trouvent déterminés par suite du contact, avec le sol, des plaques de communication.

» Il résulte, en effet, des expériences de M. du Moncel, que, suivant l'état des terrains autour des plaques de communication, suivant les dimensions relatives de ces plaques et suivant le sens dans lequel se propage le courant par rapport à ces plaques, on peut obtenir des chiffres de résistance extrêmement variable et présentant des différences très-grandes. Ainsi, avec deux plaques de dimensions différentes, la résistance présentée par le sol est beaucoup plus grande quand la grande plaque est en rapport avec le pôle positif de la pile d'essai que quand l'inverse a lieu. D'après les expériences de M. du Moncel, la différence de résistance d'un circuit de 5205 mètres de longueur, complété par le sol, a pu varier, avec les deux directions inverses du courant, dans le rapport de 6938 à 7935 mètres ; de plus, la résistance du circuit augmente rapidement avec la prolongation de la fermeture du courant, quand la grande plaque est positive, tandis qu'elle reste sensiblement constante dans le cas contraire. Ces différences tiennent aux effets de polarisation combinés aux courants telluriques, et, par suite, il est important d'en tenir compte dans les expériences : c'est pourquoi je me propose de prendre toujours la résistance du sol avec les deux sens du courant et après un même temps de fermeture du circuit. Ces résistances ne sont pas aussi faibles qu'on pourrait le croire; car M. du Moncel, en prenant une plaque de tôle de 1 mètre carré de surface, enfouie dans un terrain arrosé, et une conduite d'eau de la ville, a trouvé comme moyenne 3800 mètres de résistance (1).

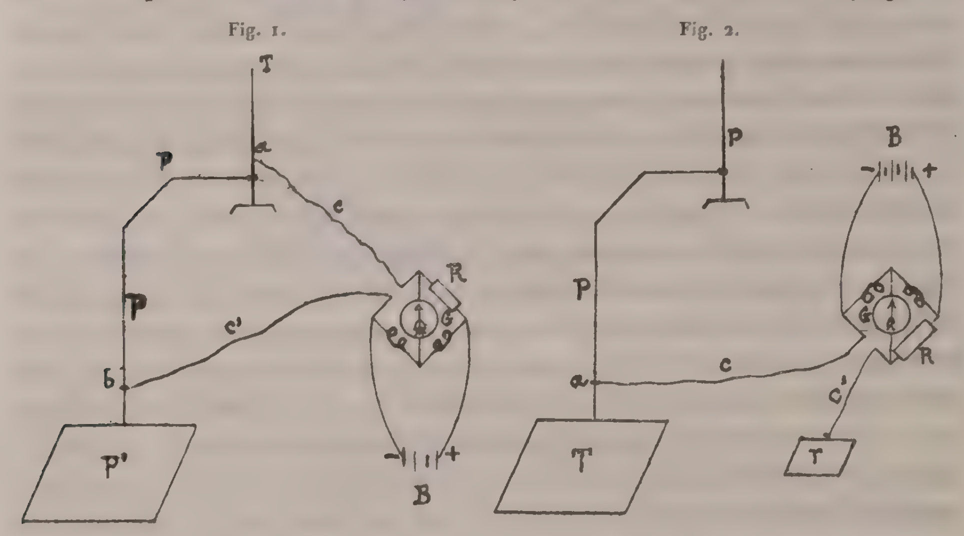
» La constatation de ces résistances, faite deux fois l'an, après la saison sèche et la saison humide, pourra fournir d'ailleurs quelques données intéressantes sur les phénomènes qui accompagnent la conductibilité du sol, et sur les limites de résistance entre lesquelles peut varier la conductibilité d'un circuit de paratonnerres, sans qu'on puisse en attribuer la cause à de mauvaises conditions de construction.

» D'après ces considérations, j'ai eu la pensée de disposer les expériences que je me propose d'entreprendre pour la vérification de l'état de conductibilité des paratonnerres établis sur les édifices municipaux de la ville de Paris, de la manière suivante.

---

(1) Voir le Mémoire de M. du Moncel *Sur les transmissions électriques à travers le sol* (*Annales télégraphiques*, t. IV, p. 465).

» Je commencerai par mesurer la conductibilité métallique du paratonnerre en employant la méthode bien connue du *pont de Wheatstone* : l'expérience sera disposée comme l'indique la *fig.* 1, dans laquelle PP représente le paratonnerre, B la pile d'essai, G le galvanomètre dont la résistance sera appropriée et R la caisse de bobines de résistance servant de rhéostat, C et C′ deux fils de cuivre en forme de câbles, parfaitement isolés, partant du pont de Wheatstone, et dont l'un C aboutira en *a*, au-dessus du collier placé au bas de la tige T du paratonnerre; l'autre C′ rejoignant



le conducteur au point *b*, c'est-à-dire au-dessus de son entrée dans le sol. Cette disposition, grâce à la mobilité des fils C et C′, permettra également de localiser tout assemblage ou toute soudure en mauvais état et insuffisante.

» Je mesurerai ensuite la résistance du sol, en disposant l'expérience comme dans la *fig.* 2, dans laquelle P représente la seconde électrode, constituée par une plaque de 1 décimètre carré, de même nature que la grande plaque de terre T du paratonnerre; j'enterrerai cette petite plaque P dans un trou fait exprès à 5 mètres de la grande plaque T, distance à laquelle la conductibilité directe du sol, dans le sens interpolaire, se trouve à peu près effacée, ainsi que l'ont reconnu MM. du Moncel et Trève, et je l'entourerai de sable, humecté d'une quantité d'eau constante. En ayant soin de renverser le sens des communications de la pile avec les deux plaques, j'obtiendrai les deux chiffres de résistance, dont il a été question précédemment.

» Quant aux fils de jonction C et C′, dont je ferai usage dans ces évalua-

tions, leur résistance sera exactement déterminée une fois pour toutes et vérifiée au moyen de l'appareil lui-même, avant chaque expérience, et j'aurai soin de noter la température du milieu ambiant au moment des essais, afin d'en tenir compte dans l'évaluation des résistances constatées. »

GÉOLOGIE. — *Observations relatives aux plissements et aux brisures du terrain crétacé, à propos du projet de percement d'un tunnel sous la Manche;* Note de M. E. **Robert.**

« Dans une Communication récente (1) sur les plissements de la craie dans le nord de la France, M. Hébert arrive à cette conclusion : « que depuis la vallée de l'Oise jusqu'à la Manche les couches de la craie ont été » soumises, dans leur ensemble, à des pressions latérales qui les ont plissées » et quelquefois *brisées* ».

» Dans mes études sur Précy, bâti au pied d'un grand renflement de la craie qui s'avance comme un cap dans la vallée de l'Oise, j'avais fait remarquer (2) qu'indépendamment des traces de soulèvement bien manifeste sur toute la bordure de ce renflement, la craie avait été disloquée et réduite en gros fragments qui chevauchent les uns sur les autres (3). Je m'expliquais ainsi la disparition si rapide des eaux pluviales qui tombent sur le plateau, et l'absence complète d'eau dans les puits que l'on a tentés de creuser dans le massif crétacé, à moins qu'ils n'atteignent le niveau des plus basses eaux de la rivière (4).

» Quant à l'origine de cette dislocation, j'ai cru avoir reconnu qu'elle devait s'être produite au sein de la mer crétacée, alors que le silex pyromaque était encore en voie de formation ou à l'état gélatineux; car les fentes verticales déterminées par les soulèvements de la craie sont remplies de silex pyromaque en forme de filon, identique à celui qui se présente en

---

(1) *Comptes rendus*, séance du 3 janvier, p. 101 de ce volume.

(2) Communications faites à l'Académie les 3 décembre 1874 et 15 janvier 1875, et *Etude géologique agricole* adressée, à la même époque, à la Société centrale d'Agriculture.

(3) L'exploitation que l'on fait aujourd'hui, en grand, de ce terrain, pour la clarification du sucre de betterave, la chaux hydraulique et le marnage des terres fortes, et qui est devenue une source de richesse pour le pays, cette exploitation, dis-je, est singulièrement favorisée par l'état fragmenté de la craie.

(4) Il y a bien des ravins larges et profonds sur les pentes des collines crétacées, mais j'ai démontré qu'ils sont le fait de l'écoulement violent des eaux diluviennes; ils sont depuis longtemps cultivés ou plantés.

rognons stratifiés. La preuve qu'il y a eu au moins deux époques, bien éloignées l'une de l'autre, dans la formation des fentes provoquées par les soulèvements, c'est que ces anciens dépôts de silex pyromaque en plaquette sont souvent traversés par d'autres dépôts qui ne sont que du diluvium; par un limon brun rougeâtre fortement comprimé, ou ne faisant que difficilement pâte avec l'eau; enfin, par une terre identique à celle qui recouvre le plateau, immédiatement au-dessus de la craie.

» Lorsqu'il a été question de creuser un tunnel sous-marin dans la Manche pour relier la France à l'Angleterre, j'ai dû faire remarquer que, si la craie qui en forme le fond se trouvait fissurée et brisée, comme elle l'est sur les bords de l'Oise (Précy, Beaumont), il pourrait bien arriver que les infiltrations de l'eau de la mer apportassent dans les travaux des difficultés considérables. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Du mouvement périodique spontané dans les étamines des* Saxifraga sarmentosa, umbrosa, Geum, acanthifolia *et dans le* Parnassia palustris; *des relations de ce phénomène avec la disposition du cycle foliaire.* Note de M. **Éd. Heckel**, présentée par M. P. Duchartre.

« Excité par les intéressantes recherches de M. G. Carlet sur le mouvement spontané des étamines de *Ruta* (1), j'ai cru devoir, en vue de l'étude des causes de ce phénomène, porter mon attention sur les manifestations du même ordre qui se produisent dans diverses fleurs et en particulier dans celles de certaines Saxifrages et dans la Parnassie : ce sont les phases, jusqu'ici inconnues, de ce phénomène et ses relations avec la disposition des feuilles sur l'axe que cette Note a pour but de faire connaître.

» Dans les Saxifrages que j'ai observées, les fleurs diplostémones présentent, comme dans les *Ruta*, deux cycles superposés d'étamines, dont l'un est oppositisépale, et l'autre oppositipétale. C'est toujours le premier cycle staminal qui se met d'abord en marche, et ce fait se retrouve, non-seulement dans la Rue, mais encore dans toutes les fleurs observées jusqu'ici, où cette disposition est accompagnée du phénomène de mouvement. On sait que, dans le *S. sarmentosa*, les pétales ne sont pas d'égale dimension : deux d'entre eux, toujours externes (antérieurs d'après la nomenclature de J. Sachs), se font remarquer par leur plus grand développement et sont eux-mêmes inégaux. Tantôt c'est celui de droite qui est le plus grand, tantôt c'est celui de

(1) *Comptes rendus*, 25 août 1873.

gauche, et, dans une même inflorescence, les deux dispositions sont aussi fréquentes l'une que l'autre. Dans les autres *Saxifraga* que j'ai étudiés, la fleur est régulière. Or, parmi les étamines du groupe oppositisépale, c'est précisément celle qui se trouve entre les deux plus grands pétales dans le *S. sarmentosa*, ou qui lui correspond dans les autres espèces à fleurs régulières, qui se relève la première pour appliquer contre le stigmate son anthère biloculaire très-petite : de là le mouvement passe, avant même que la première soit venue se remettre dans sa position horizontale primitive, dans les deux organes mâles voisins (appartenant au même cycle), de droite d'abord et de gauche ensuite, ou inversement, suivant les dimensions réciproques des deux pétales qui flanquent cette première étamine. Les filets des trois organes qui se meuvent tout d'abord sont, au moment de l'anthèse et déjà même dans le bouton, suffisamment développés pour exécuter fructueusement leur mouvement ascensionnel. Il n'en est pas de même des deux dernières étamines du même verticille qui occupent le côté postérieur de la fleur; au moment de l'anthèse leurs filets sont très-courts : aussi attendent-elles que leurs aînées aient achevé leur évolution pour commencer la leur, et elles emploient ce temps (six à sept heures) à accroître rapidement leurs dimensions. Il faut le remarquer, c'est dans l'étamine oppositisépale, qui vient immédiatement après le pétale le plus développé, que le mouvement se produit en second lieu ; à ce moment il change de sens et se continue sans interruption dans les trois étamines qui se suivent. Si nous donnons à chaque étamine, à partir de la première qui se meut, son numéro d'ordre naturel en allant de gauche à droite (1, 2, 3, 4, 5), nous trouvons que les organes qui se meuvent successivement sont 1, 2, 5, 4, 3. En nous reportant à la formule typique du mouvement dans la fleur pentamère (1, 3, 5, 2, 4 de gauche à droite), nous voyons nettement que la disposition quinconciale des feuilles est altérée dans le premier verticille androcéen et que les deux étamines 2 et 5 se meuvent comme une seule. Le trouble apporté dans le mouvement est donc déterminé par une tendance virtuelle à la fusion qui, si elle n'est pas réalisée dans les *Saxifraga* étudiés ici, est très-manifeste dans le *S. oppositifolia* et effective dans les fleurs tétramères de *Chrysosplenium* et d'*Astilbe*. Passons maintenant au second verticille (oppositipétale), qui se meut immédiatement après le premier et en sens inverse. Le mouvement commence toujours, dans le *S. sarmentosa*, par l'étamine qui est opposée au plus grand des deux pétales extérieurs, puis marche, soit à droite, soit à gauche, dans les deux étamines qui suivent, pour changer de sens et se terminer dans les deux organes qui restent, de façon qu'on a la formule 1, 2, 3, 5, 4. Ici la déformation du type

foliaire est plus profonde, par cela même que nous nous rapprochons du verticille central. Le mouvement trahit l'existence de deux cycles incomplets dont l'un, où manqueraient les rayons 4 et 5 avortés, répondrait à la loi du quinconce parfait et l'autre, formé de deux rayons seulement, répondant à 1 et 2 du premier cycle, aurait un ordre de marche inverse. Cette bizarrerie, qui ne peut s'expliquer que de cette manière, se retrouve, comme je le ferai bientôt connaître, dans beaucoup d'autres fleurs.

» Dans le *Parnassia palustris*, d'après les observations de A. Gris (1) et les miennes, le mouvement est exprimé par la formule 1, 2, 5, 3, 4 ou 1, 5, 2, 4, 3: ici encore la disposition typique quinconciale qui existe dans les feuilles a reçu une altération identique à celle que je viens de signaler dans le premier verticille des *Saxifraga;* il révèle donc une tendance virtuelle à la fusion et par conséquent à la forme tétramère. Cette tendance, qui, jusqu'à l'étude des mouvements staminaux, n'était connue que par les faits nombreux de réalisation, semble être une propriété très-accusée chez les Polypétales.

» En terminant, je crois devoir faire connaître que, dans les fleurs que j'ai observées, le mouvement spontané n'est pas influencé par les anesthésiques; que le phénomène se produit dans l'ordre indiqué, et alors même que les étamines ont été séparées de la fleur avec le fragment d'ovaire sur lequel elles sont attachées, et plongées ensuite dans l'eau. C'est là une caractéristique importante dont j'ai fait ailleurs (2) connaître la valeur.

« M. DE QUATREFAGES donne quelques détails sur la découverte faite, il y a peu de temps, par M. *Capellini*, de divers ossements de Cétacés portant des empreintes, regardées par lui comme des incisions et des entailles faites par un instrument tranchant. Ces ossements ont été extraits, par M. Capellini lui-même, des argiles pliocènes du Monte Aperto, près de Sienne. Ils ont été présentés à plusieurs savants les plus distingués de l'Italie, qui tous ont partagé les convictions de l'inventeur. La présence de l'homme pliocène dans cette localité serait donc attestée par le même genre de preuves qu'invoquait M. Desnoyers au sujet des ossements de Saint-Prest. »

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXVII, p. 912, 1868.

(2) *Du mouvement végétal*, 1875, G. Masson.

M. J. **Guillaume** adresse une Note relative à la probabilité d'obtenir du carbone à l'état cristallin, en décomposant l'acide carbonique liquide par un courant électrique.

M. **Ed. de Bouÿn** adresse un travail relatif à des « Convois pouvant transporter un poids unique considérable ».

A 5 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 17 janvier 1876.

Sur les causes de l'inégale distribution des plantes rares dans la chaîne des Alpes; par Alp. de Candolle. Florence, imp. Ricci, 1875; br. in-8°.

A. de Candolle. *Existe-t-il, dans la végétation actuelle, des caractères généraux et distinctifs qui permettraient de la reconnaître en tous pays, si elle devenait fossile.* Sans lieu ni date; opuscule in-8°. (Tiré des *Archives des Sciences de la Bibliothèque universelle.*)

Mémoires publiés par la Société centrale d'Agriculture de France; année 1874. Paris, Bouchard-Huzard, 1875; in-8°.

Recherches sur la navigation aérienne. Essai de comparaison entre les principaux systèmes; par A. Duroy de Bruignac. Paris, J. Baudry, 1875; br. in-8°.

E. Quetelet. *Notice sur l'Observatoire royal de Bruxelles.* Sans lieu ni date; opuscule in-18.

Ondulations de la craie du nord de la France; par E. Hébert. Meulan, imp. de la Société géologique, 1875; br. in-8°.

Société industrielle du nord de la France. Compte rendu des travaux de l'année 1875; *par* M. B. Corenwinder. Lille, imp. Danel, 1875; br. in-8°.

Exposition spéciale d'appareils scientifiques à Londres en 1876. Paris, imp. Viéville et Capiomont, sans date; br. in-8°.

La monnaie bimétallique; par H. CERNUSCHI. Paris, Guillaumin, 1876 ; br. in-8°.

Sphère terrestre et sphère céleste de Gérard Mercator, de Rupelmunde, éditées à Louvain en 1541 *et* 1551; édition nouvelle de 1875, d'après l'original appartenant à la Bibliothèque royale de Belgique. Bruxelles, C. Muquardt, 1875 ; in-folio.

Météorologie pyrénéenne. L'Observatoire du pic du Midi et la neige rouge; par M. le Dr ARMIEUX. Toulouse, imp. Douladoure, sans date; br. in-8°.

Les Merveilles de l'Industrie; par L. FIGUIER; 25e série. Paris, Furne, Jouvet et Cie, 1876; grand in-8°, illustré.

The pharmaceutical Journal and transactions; october, november 1875. London, Churchill, 1875 ; 2 br. in-8°.

The Theory of screws : a study in the dynamics of a rigid body ; by Robert STAWELL-BALL. Dublin, Hodges, Foster and C°, 1876; in-8°, relié.

The quarterly Journal of the geological Society; november 1875. London, 1875 ; in-8°.

Medico-chirurgical Transactions published by the royal medical and chirurgical Society of London; second series, vol. the fortieth. London, Longmans, Green, Reader and Dyer, 1875; in-8°

Journal of the royal geological Society of Ireland; vol. XIV, part II, 1874-75. London, William and Norgate; Dublin, Hodges, Foster, 1875; br. in-8°.

List of the geographical Society of London; november 1875. London 1875; in-8°.

Journal of the chemical Society; august, september, october 1875. London, J. van Voorst, 1875; 3 liv. in-8°.

A list of the officers and fellows of the chemical Society. London, Harrison et Sons, 1875; br. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 24 JANVIER 1875.

Manuel de l'ouvrier chauffeur de la flotte; par A. LEDIEU. Paris, Dunod, 1863; 1 vol. in-8°, avec atlas.

La rotative américaine Behrens et la question de la stabilité des machines; par A. LEDIEU. Paris, Dunod, 1870; br. in-4°.

Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation; par A. LEDIEU. Paris, Dunod, 1862-1863; 3 vol. in-8°, avec atlas.

Les nouvelles machines marines. Supplément au Traité des appareils à vapeur de navigation; par A. LEDIEU; t. Ier. Paris, Dunod, 1876; 1 vol. in-8°, avec atlas.

Ces ouvrages sont adressés par l'auteur au Concours relatif à l'application de la vapeur à la marine militaire, 1876.

Physiologie comparée. Recherches expérimentales sur la digestion des Insectes et en particulier de la Blatte; par le Dr JOUSSET DE BELLESME. Paris, Germer-Baillière, 1875; 1 vol. in-8°.

De la betterave à sucre; par MM. P. CHAMPION et H. PELLET. Paris, A. Lemoine, 1875; in-8°. (Présenté par M. Peligot.)

L'Anthropologie; par le Dr P. TOPINARD, avec préface du prof. P. BROCA. Paris, G. Reinwald, 1876; 1 vol. in-12, relié.

De la taille hypogastrique; par M. le Dr BAUDON. Lille, imp. Lefebvre-Ducrocq, 1875; in-8°. (Présenté par M. le baron Larrey.)

Le bissegment. Principe nouveau de Géométrie curviligne; par L.-P. MATTON. Lyon, imp. Vingtrinier, 1876; br. in-4°.

De l'unité. Partie astronomique; 7e série : *Système du monde. L'astronomie des ânes; par* ASINUS. Paris, 1876; in-4°.

L'art Khmer. Étude historique sur les monuments de l'ancien Cambodge, suivi d'un catalogue raisonné du musée Khmer de Compiègne; par le Comte DE CROIZIER. Paris, E. Leroux, 1875; in-8°.

Mémoire sur l'origine et la cause de l'échauffement des eaux du gulf-stream; par F. CALHEIROS DA GRAÇA, traduction par M. D. MOUREN. Rio-de-Janeiro, typ. da *Gazetta juridica,* 1875; br. in-8°.

Memoria sobre a origen e causa do aquecimendo das agoas do gulf-stream; por F. CALHEIROS DA GRAÇA. Rio-de-Janeiro, typ. G. Leuzinger e Filhos, 1874; br. in-8°.

Bollettino meteorologico ed astronomico del regio Osservatorio della regia Università di Torino; anno VIII (1873). Torino, Stamperia reale, di G.-B. Paravia, 1875; in-4° oblong.

Flora italiana, ossia descrizione delle piante che nascono salvatiche o si sono insalvatichite in Italia e nelle isole ad essa adiacenti, distribuita secondo il me-

todo naturale del prof. Filippo PARLATORE; vol. V, parte seconda. Firenze, Lemonnier, 1875; in-8°.

Catalogo della biblioteca della Societa dei Naturalisti in Modena, redatto per cura del Segretario Paolo RICCARDI; puntata prima, 1875. Modena, tip. P. Toschi, 1875; in-4°.

Atti della reale Accademia delle Scienze di Torino; vol. X, disp. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (novembre 1874, giugno 1875). Stamp. Paravia, 1874-75; in-8°.

The anatomy of the lymphatic system; by E. KLEIN. II : *The lung.* London, Smith, Elder, 1875; in-8°, relié.

Proceedings of the royal Society; vol. XXII, n°s 151 à 155; vol. XXIII, 156 à 163. London, Taylor and Francis, 1874-1875; 13 liv. in-8°.

Philosophical Transactions of the royal Society of London for the year MDCCCLXXIV; vol. 164, part I, II; MDCCCLXXV, vol. 165, part I. London, printed by Taylor and Francis, 1874-1875; 3 vol. in-4°.

Lectures on state medicine delivered before the Society of apothecaries at their hall in blackfriars may and june 1875; *by* Fr. DE CHAUMONT. London, Smith, Elder and C°, 1875; in-8°, relié. (Présenté par M. le Baron Larrey.)

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 31 JANVIER 1876.

Exposé des applications de l'électricité; par M. le Comte DU MONCEL; 3e édition, t. IV : *Applications mécaniques de l'électricité.* Paris, E. Lacroix, 1876; in-8°.

Annales des Ponts et Chaussées; 1875, décembre; 1876, janvier. Paris, Dunod, 1875-1876; in-8°.

Les Merveilles de l'industrie; par L. FIGUIER; 26e série. Paris, Furne, Jouvet et Cie, 1876; grand in-8° illustré.

Vues sur l'enseignement supérieur ou Plan d'étude de la science de l'homme; par le Dr BARBASTE. Paris, E. Vaton et A. Delahaye, 1876; 1 vol. in-18.

La vérité sur les enfants trouvés; par le Dr BROCHARD. Paris, E. Plon et Cie, 1876; 1 vol. in-12. (Adressé par l'auteur au Concours Montyon, Médecine et Chirurgie, 1876.)

(A suivre.)